



Tielaitos

Raskaat ajoneuvot kiertoliittymissä



**Tielaitoksen
selvityksiä**

12/2000

Helsinki 2000

TIEHALLINTO
Tie- ja
liikennetekniikka

Tielaitoksen selvityksiä
12/2000

Raskaat ajoneuvot kiertoliittymissä

Tielaitos
TIEHALLINTO
Helsinki 2000

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-622-7
TIEL 3200602

Oy Edita Ab
Helsinki 2000

Julkaisua myy
Tielaitos, painotuotepalvelut
Faksi 0204 44 2652
www.tielaitos.fi/kirjasto/tilaus.htm



Tielaitos
TIEHALLINTO
Tie- ja liikennetekniikka
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 44 150

RAHMAN, Hafizur, ELORANTA, Anu, ERNVALL, Timo: Raskaat ajoneuvot kiertoliittymissä. [Roundabouts and heavy vehicles] Helsinki 2000. Tielaitos, tie- ja liikennetekniikka. Tielaitoksen selvityksiä 12/2000, 61 s. + liitt. TIEL 3200602. ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-622-7.

Aiheluokka: 21, 31

Asiasanat: kiertoliittymät, raskaat ajoneuvot, nopeus, ajolinjat

TIIVISTELMÄ

Kiertoliittymät ovat yleistyneet 1990-luvulla. Nämä uudentyyppiset pienisäteiset kiertoliittymät pakottavat ajoneuvot ajamaan hitaasti liittymässä. Raskaiden ajoneuvojen koon ja toiminnan vuoksi niiden käsittely on hankalampaa kuin kevyiden ajoneuvojen. Monet raskaat ajoneuvot eivät kykene selviytymään pienisäteisistä kaarteista.

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajilla on ollut eräissä kiertoliittymissä ongelmia, jotka saattavat johtua liian pienestä kiertoliittymän läpiajosäteestä, korkeista tai teräväreunaisista reunatuista, jne. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tunnistaa ongelmat, niiden syyt ja löytää ratkaisuja ongelmille.

Tutkimukseen valittiin kymmenen kiertoliittymää Suomen yleiseltä tieverkolta, suurin osa näistä päätieverkolta. Tutkimustietoja kerättiin sekä talvi- että kesäolosuhteissa. Tietojen kerääminen tapahtui ajonopeuksia mittaamalla, ajolinjoja ja liittymän geometrisia parametreja mittaamalla ja kuvaamalla yksittäisiä ajoneuvoja videolla. Tallennettujen tietojen ja geometrysten parametrien yhteyksiä tutkittiin tilastollisilla analyyseillä.

Ajolinjat eroavat huomattavasti kesä- ja talviolosuhteissa lähes kaikissa tarkastelluissa liittymissä. Talvisin kiertoliittymässä ajettiin yleensä lähempänä kiertosaarekkeen reunatukea kuin kesällä. Ajolinja riippuu kiertotilan leveydestä ja liittymän läpiajosäteestä. Läpiajosäteellä tarkoitetaan henkilöauton suorimman mahdollisen ajolinjan sädettä, jonka mukaisesti henkilöauto voi ajaa suoraan eteenpäin kiertoliittymän kautta. Läpiajosäteen ja kiertotilan leveyden pienentyessä siirtyy raskaan ajoneuvon ajolinja lähemmäs kiertosaarekettä. Tutkittujen kiertoliittymien perusteella alle 35 metrin läpiajosäde voi aiheuttaa vaikeuksia perävaunullisille kuorma-autoille.

Keskimääräiset kuorma- ja linja-autojen lähestymisnopeudet 50 metriä ennen kiertoliittymän tulopistettä vaihtelivat 37 – 45 km/h, ja vastaavat arvot perävaunullisille kuorma-autoille olivat 35 – 41 km/h. Nopeudet tulopisteessä laskivat noin puoleen lähestymisnopeuksista. Tulonopeuksiin vaikutti tulosuunnan taivutus ja tulonopeudet putosivat tulosuunnan taivutuksen kasvaessa. Vaikutus oli voimakkaampi kesällä kuin talvella.

Kiertotilassa ajoneuvojen nopeudet olivat 20 – 26 km/h linja- ja kuorma-autoilla ja 14 – 22 km/h perävaunullisilla kuorma-autoilla. Kiertoliittymissä, joissa raskaiden ajoneuvojen ajonopeudet kiertotilassa jäivät yleensä alle 20 km/h, voidaan kiertoliittymän mitoitus pitää epäsovelia, ja tästä aiheutuu raskaille ajoneuvoille ylimääräisiä vaikeuksia. Kiertotilassa käytetty nopeus oli suoraan verrannollinen kiertotilan leveyteen ja kiertoliittymän läpiajosä-

teeseen. Tutkituissa kiertoliittymissä kiertosaarekkeen halkaisijat olivat 16 – 40 metriä. Kun kiertosaarekkeen halkaisija kasvaa, laskee nopeus kiertotilassa sekä talvella että kesällä molemmilla ajoneuvoryhmillä. Kiertoliittymästä poistuttaessa kohdassa, jossa ajoneuvot normaalisti alkavat kiihdyttää, havaitut nopeudet riippuivat kiertotilassa käytetyistä nopeuksista. Keskinopeudet poistumispisteessä olivat yleensä 2 - 5 km/h korkeampia kuin keskinopeudet kiertotilassa.

Tämä tutkimus osoittaa, että verrattuna valo-ohjattuun liittymään ajoneuvot joutuvat harvemmin pysähtymään ennen kiertoliittymää. Tutkitusta 881 raskaasta ajoneuvosta ainoastaan 68 joutui pysähtymään ja 104 joutui hidastamaan nopeuden alle 14 km/h kiertoliittymään tultaessa. Kaikista suunnista tulevat ajoneuvot pystyvät yleensä ajamaan kiertoliittymään vaivattomasti ilman tarpeettomia pysähdyksiä ja voivat läpäistä kiertoliittymän vaivattomasti. Useimmiten kiertoliittymät vähentävät kokonaisodotusaikaa ja johtavat parempaan välityskykyyn.

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajat suhtautuvat kiertoliittymiin pääosin positiivisesti. Kiertoliittymissä ajaminen on hankalinta moduuli- ja muiden täysperävaunullisten kuorma-autojen kuljettajille. Linja-auton ja perävaunuttoman kuorma-auton kuljettajat kokevat kiertoliittymissä ajamisen helpommaksi.

Linja-auton kuljettajat pitivät muiden kuljettajien käyttäytymistä kiertoliittymissä ongelmallisimpana. Perävaunuttomille kuorma-autolle tuotti eniten hankaluuksia liittymien liukkaus talvella. Kiertoliittymän geometriasta johtuvat seikat, kuten liittymän ahtaus tai reunatuet, olivat moduulirekkojen sekä täysperävaunullisten kuorma-autojen kuljettajien suurimpia ongelmia kiertoliittymissä. Reunatukiin ajaminen oli pahimmissa tapauksissa aiheuttanut rengasrikkoja.

Suurin osa kuljettajista piti kiertoliittymää parempana vaihtoehtona kuin valo-ohjattua liittymää. Ne, jotka pitivät valo-ohjattua liittymää parempana, suhtautuivat kiertoliittymiin yleensä kielteisemmin. Asenne kiertoliittymiä kohtaan muuttuu hieman positiivisemmaksi kokemuksen lisääntyessä.

Keywords: Roundabout, Heavy Vehicle, Speed, Vehicle Path

ABSTRACT

Roundabouts have become a subject of great interest in the 1990s. Modern roundabouts differ from traditional traffic circles in that they force the vehicles to slow down. The behaviour of heavy vehicles in traffic is different compared to light vehicles because of their size and operation. Many large commercial vehicles are unable to negotiate small radius turns.

Problems experienced at roundabouts by drivers of heavy vehicles include insufficient vehicle path curvature, high and sharp-edged kerbing on the truck apron etc. The main aim of this study was to recognise problems and investigate solutions to the problems of heavy vehicles at the roundabouts.

Data was collected in both winter and summer on 10 roundabouts chosen from the Finnish main road network. Data collection included recording vehicle speeds, recording vehicle paths, recording geometric parameters and video recording of each individual vehicle. Statistical analyses have been carried out to compare the recorded vehicle data with the geometric parameters. Vehicle path and speed analyses were performed and considered against the straight path through the selected roundabouts.

Vehicle paths differed significantly between in summer and winter at most of the roundabout, being generally closer to the kerb of the central island in winter than in summer. The path taken by the vehicle depends on radius of the curvature and the width of the circulatory carriageway. The smaller the curvature and width of the circulatory carriageway, the closer the vehicle path is to the central island. According to the observations of the roundabouts studied, a radius of curvature below 35 metres can cause difficulties for truck and trailer combinations.

The average approach speeds at 50 metres before the entry to the roundabout of trucks and buses were 37 - 45 km/hour, and the corresponding values for trucks with trailers were 35 - 41 km/hour. The vehicle speeds on entering the roundabout were found to be as high as half of the approach speeds. The speeds at entry were affected by the entry deflection, and entry speeds decreased when the entry deflection increased. The correlation's between these two factors were stronger in summer conditions than in winter.

On the circulatory carriageway of the roundabout vehicle speeds fluctuated between 20 and 26 km/hour in the case of trucks and buses and 14 - 22 km/hour in the case of truck and trailer combinations. On the roundabouts where average vehicle speeds were lower than 20 km/hour, geometry of the roundabouts were less relevant and caused extra difficulties for heavy vehicles. The speed on the circulatory carriageway was directly correlated with the width of the circulatory carriageway and the curvature of the vehicle

path. In the roundabouts studied the central island diameters were 16 - 40 metres. For vehicles driving straight across the roundabout the bigger the diameter of the central island the lower the speed on the circulatory carriageway. Speeds at the exit of the roundabout, where drivers usually start to accelerate depended on the speeds on the circulatory carriageway. The average speeds at the exit were generally 2 - 5 km/hour higher than the average speeds of vehicles on the circulatory carriageway.

The study shows that compared to signal-controlled junctions, fewer vehicles had to stop before the roundabout. Of the 881 heavy vehicles studied, only 68 had to stop while 104 had reduce their speed under 14 km/hour as they entered the roundabout. Vehicles from all directions are able to pass through a roundabout more comfortably without any unnecessary stoppage. Roundabouts generally will reduce the total delay and will lead to higher capacity.

Drivers of heavy vehicles seem to be generally satisfied with roundabouts. The most serious difficulties are experienced by drivers of module combinations and other track and trailer combinations, whereas drivers of buses and trucks without trailers have fewer problems.

For bus drivers, the behaviour of other drivers at roundabouts seems to be the most serious problem, while for trucks without trailers the biggest problem is the slippery road surface in winter. Design aspects, such as kerbs and restricted carriageway width are some of the biggest problems for drivers of module combinations and other truck and trailer combinations. Hitting kerbs can result in punctured tyres.

Most drivers seem to prefer roundabouts to signal-controlled junctions. Those with the opposite view also have a more negative attitude towards roundabouts in general. However, as drivers acquire more experience, their attitudes towards roundabouts tend to become slightly more positive.

ALKUSANAT

Tämä raportti käsittelee kiertoliittymien toimivuutta raskaiden ajoneuvojen kannalta. Toimivuutta tarkastellaan pääasiassa ajoneuvojen nopeuksien ja ajolinjojen sekä kiertoliittymien geometrian perusteella. Tutkimuksen kohteena on ollut kymmenen kiertoliittymää, näistä kahdeksan päätieverkolta.

Tutkimus on tehty Tielaitoksen tie- ja liikennetekniikkayksikön toimeksiantosta Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriossa. Tielaitoksen yhdyshenkilönä on ollut DI Ari Liimatainen.

Tämän selvityksen on tehnyt tekn. yo Hafizur Rahman. Selvitys on alkuperin tehty opinäytetyönä englannin kielellä. Tämä raportti on tiivistelmä opinnäytetyöstä. Lisäksi raporttia on täydennetty raskaan liikenteen kuljettajille tehdyllä haastattelututkimuksella. Haastattelututkimusaineiston käsittelystä on vastannut tekn. yo Anu Eloranta. Oulun yliopiston puolesta asiantuntijana on toiminut prof. Timo Ernvall.

Kenttämittausten suunnitteluun ja toteutukseen ovat lisäksi osallistuneet erikoislaboratoriomestari Kari Talsta ja DI Teuvo Ryyänen Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriosta.

Helsingissä maaliskuussa 2000

*Tielaitos
Tie- ja liikennetekniikka*

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	11
2	KIERTOLIITTYMÄN MITOITUS	13
2.1	Kiertoliittymän osat	13
2.2	Geometria	15
2.3	Mitoitusparametrit	16
2.3.1	Ajoneuvotyytit	16
2.3.2	Mitoitusnopeus	20
2.3.3	Kiertotila	20
2.3.4	Tulo- ja poistumissuunnat	21
2.3.5	Kiertosaareke ja kiertotilan kavennus	22
2.4	Kiertoliittymien käyttö	23
2.4.1	Kiertoliittymät Suomessa	23
2.4.2	Kiertoliittymät Ruotsissa	25
3	MITTAUSKOhteet JA -MENETELMÄT	26
3.1	Kohteen valinta ja kohteet	26
3.2	Mittausmenetelmät	31
4	MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI	35
4.1	Yleistä	35
4.2	Ajolinjojen analysointi	37
4.3	Ajonopeuden analysointi	41
5	KIERTOLIITTYMIEN AJOTAPATUTKIMUS	47
5.1	Kiertoliittymässä ajaminen	47
5.2	Ajoreitti kiertoliittymässä	48
5.3	Ajamiseen vaikuttavat ongelmat kiertoliittymissä	48
5.4	Reunatuet	49
5.5	Liittymätyypit	50
5.6	Liittymien havaittavuus	51
5.7	Ajokokemus	51
5.8	Kuljettajien asenne kiertoliittymiä kohtaan	52

6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	53
7	KIRJALLISUUSLUETTELO	59
8	LIITTEET	61

KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

Keskinopeus = Tutkitun mittausaineiston aritmeettinen keskiarvo.

Keskihajonta = Tutkitun tiedon keskihajonta.

V_{85} = Nopeus, jonka 85 % ajoneuvoista alittaa.

Tulopiste = Valittu piste kiertoliittymään tultaessa.

Poistumispiste = Valittu piste liittymästä poistuttaessa.

Lähestymisnopeus = Nopeus 50 metriä ennen tulopistettä kiertoliittymää lähestyttäessä.

Luokan 1 ajoneuvot = Kuorma- ja linja-autot.

Luokan 2 ajoneuvot = Kaikki kuorma-auton ja perävaunun yhdistelmät.

1 JOHDANTO

Nykyaikaiset pienisäteiset kiertoliittymät eroavat toiminnallisesti perinteisistä liikenneympyröistä. Uudet kiertoliittymät ovat myös turvallisempia kuin tavanomaiset liittymät. Kokemusten mukaan uudentyypisissä kiertoliittymissä tapahtuu vähemmän vakavia kohtaamis- ja risteämisonnettomuuksia. Henkilövahinko-onnettomuudet vähenevät kiertoliittymissä jopa yli 50 % verrattuna tavanomaisiin tasoliittymiin. /1/ Kiertoliittymät suunnitellaan sellaisiksi, että ajoneuvot joutuvat hidastamaan niissä nopeuttaan. Kiertoliittymissä on myös vähemmän konfliktipisteitä kuin normaaleissa tasoliittymissä. /2/ Ruotsissa tehtyjen ennen ja jälkeen -tutkimusten mukaan tienkäyttäjien onnettomuusriskin vähenemisen mediaani on 35 %. /3/

Tielaitos kiinnostui uudentyypisestä kiertoliittymästä turvallisempana ja sujuvampana liittymätyyppinä jo tämän vuosikymmenen alussa. 1990-luvulla on rakennettu yli 120 uutta kiertoliittymää.

Raskaiden ajoneuvojen osuus suomalaisesta liikennevirrasta on 10 – 15 %. Raskaiden ajoneuvojen käsittely on hankalampaa kuin kevyiden ajoneuvojen, eivätkä raskaat ajoneuvot kykene selviytymään pienisäteisistä kaarteista hidastamatta nopeuttaan. /5/

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajien mielipiteitä uusista kiertoliittymistä tutkittiin vuonna 1995 neljässä nykyaikaisessa kiertoliittymässä, ja tulokset olivat pääosin myönteisiä. Noin 60 % raskaiden ajoneuvojen kuljettajista oli sitä mieltä, että kiertoliittymät helpottavat ajamista. Kuljettajista 60 % piti kiertosaarekkeen kokoa riittävänä, mutta suurimpana haittana pidettiin kiertoliittymien ahtauden tunnetta. Raskaiden ajoneuvojen kuljettajista 91 % kannatti suurempaa kiertotilan leveyttä ja 65 % kiertoliittymän suurempaa sädettä. Sujuvan raskaan liikenteen takaamiseksi tulisi kiertosaarekkeen halkaisijan olla vähintään 20 metriä. Jos kiertoliittymä sijaitsee vilkkaalla kuljetusreitillä, tulisi kiertotilan leveys käyttäjien mielestä huomioida paremmin kiertoliittymän suunnittelussa. /19/

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajien mukaan kiertoliittymissä esiintyy seuraavia ongelmia:

- I Riittämätön säde/halkaisija raskaille ajoneuvoille,
- II Taivutuksen aiheuttama ajoneuvon ajautuminen vasemmalle liittymään tultaessa ja siitä lähdetessä,
- III Reunatukien korkeus ja niiden terävät reunat,
- IV Kiertoliittymää osoittavat liikennemerkkit ovat liian lähellä liittymää tai ne puuttuvat kokonaan,
- V Talvikunnossapito ei ole riittävää.

Monet raskaiden ajoneuvojen kuljettajat esittivät myös kiertoliittymien vastaisia mielipiteitä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää yksityiskohtaisemmin:

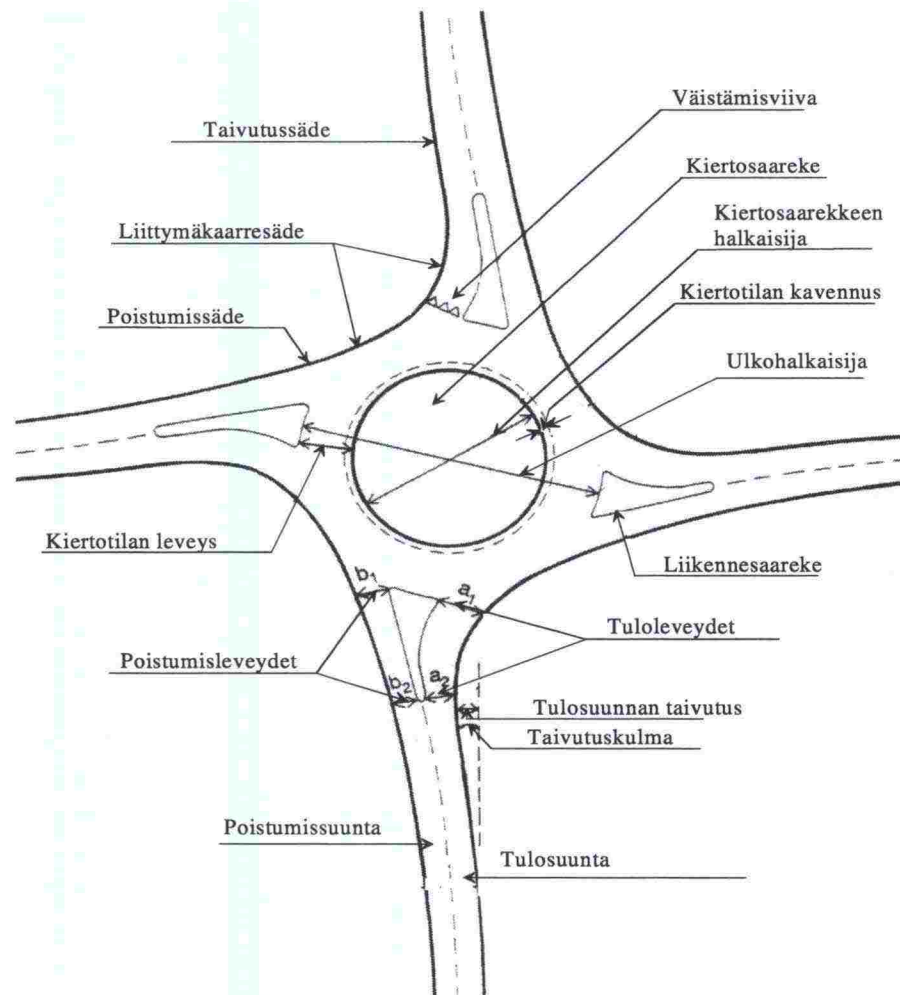
- I Onko kiertoliittymien mitoitus suunnitteluohjeiden mukaista,
- II Ovatko nopeudet kiertoliittymissä liian alhaisia,
- III Onko mitoitus tyydyttävä raskaiden ajoneuvojen kannalta,
- IV Toimivatko kiertoliittymät suunnitelmien mukaan.

2 KIERTOLIITTYMÄN MITOITUS

2.1 Kiertoliittymän osat

Kiertoliittymien toimintaan liittyy joukko suunnittelullisia ja toiminnallisia tekijöitä sekä inhimillisiä tekijöitä. Uudentyyppisten kiertoliittymien suunnitteluun liittyy monia yksittäisiä tekijöitä, joista raskaiden ajoneuvojen huomioiminen on yksi tärkeimmistä. Mitoitusajoneuvon tulee pystyä läpäisemään liittymä suunniteltuja ajolinjoja ja -kaistoja käyttäen. Muiden erityisajoneuvojen täytyy pystyä liikkumaan tyydyttävästi liittymässä. Kiertoliittymän suunnittelussa tulee ottaa huomioon kaikille ajoneuvotyypeille sopiva nopeustaso.

Suunniteltaessa kiertoliittymää käydään läpi useita yksittäisiä suunnitteluelementtejä, jotta liittymästä tulisi tarkoituksenmukainen. Nämä perusosat on esitetty seuraavassa:



Kuva 1: Kiertoliittymän suunnittelun perusosat.

Kiertosaareke: Kiertosaareke on liittymän keskellä oleva saareke, jota ei ole yleensä tarkoitettu yliajettavaksi. Saarekkeen halkaisija riippuu suunnitteluparametreista. Kiertosaarekkeen havaittavuus on yksi merkittävistä kiertosaarekkeen suunnittelussa huomioitavista seikoista.

Kiertotilan kavennus: Kiertotilan kavennus toimii tarvittaessa yliajettavana lisäalueena siten, että raskaat ajoneuvot pääsevät liittymän läpi. Sen avulla alennetaan myös henkilöautojen nopeutta liittymäalueella.

Tulo- ja poistumissuunnat: Tulosuunnan leveys on yksi merkittävimmistä tekijöistä kiertoliittymien suunnittelussa. Tuloleveys riippuu mitoitusaajoneuvoista ja niiden nopeuksista. Kun lähestymisnopeus on suuri, liikenteen nopeutta voidaan laskea taivuttamalla tai porrastamalla tulosuuntaa vasemmalle. Liian suuri tulosuunnan taivutuksen tai porrastuksen käyttö ei ole suotavaa, jos se aiheuttaa liittymisongelmia raskaalle liikenteelle tai heikentää kiertosaarekkeen näkyvyyttä. Sujuva poistumissuunnan mitoitus helpottaa kiihdyttämistä liittymästä poistuttaessa.

Kiertotila: Kiertotila on kiertosaarekkeen ympäri kulkeva ajorata, jossa ajoneuvot liikkuvat vastapäivään. Kiertotilan leveys riippuu mitoitusaajoneuvojen liittymän läpäisemiseen tarvitsemasta leveydestä. Kiertotilan leveyden täytyy pysyä muuttumattomana koko liittymän ympäri.

Liikennesaareke: Melkein kaikki kiertoliittymät on varustettu korotetuilla liikennesaarekkeilla. Niitä tarvitaan yleensä lähestymisalueilla seuraavista syistä:

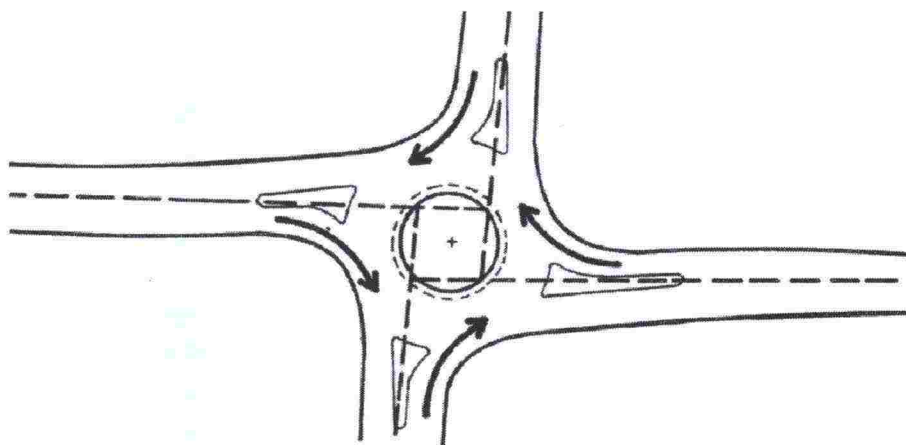
- I Auttamaan kuljettajia hahmottamaan edessä oleva kiertoliittymä ja alentamaan nopeutta ajoissa,*
- II Erottamaan liittymään saapuva ja sieltä lähtevä liikenne,*
- III Toimimaan liikennemerkkien sijoituspaikkana,*
- IV Takaamaan turva-alue jalankulkijoille ja pyöräilijöille sekä mahdollistamaan tien ylittäminen kahdessa osassa.*

Ulkohalkaisija: Kiertotilan ulkoreunasta reunatuella erotettu ympyrä. Ulkohalkaisijan suuruus riippuu kiertosaarekkeen halkaisijasta ja kiertotilan leveydestä.

Väistämisviiva: Tulosuunnalle merkitty tien poikkisuuntainen viiva, jonka taakse ajoneuvot jäävät tarvittaessa odottamaan liittymään pääsyä.

Taivutus: Kiertoliittymän suunnittelussa nopeuksia pyritään alentamaan varustamalla tulo- ja poistumissuunnat taivutuksilla.

Tulosuunnan porrastus: Kiertoliittymän tulosuunnat takaavat turvallisuuden ja riittävän kapasiteetin /18/. Tulosuunta suunnitellaan siten, ettei liittymään voi ajaa liian suurella nopeudella. Siksi tulosuunnat porrastetaan tarpeen mukaan siten, että liittymän havaittavuus paranee ja ajoneuvojen nopeudet laskevat. /2/



Kuva 2: Tulosuuntien porrastus.

Liikenteen ohjaus ja valaistus: Liikennemerkeillä ilmoitetaan kaikille tulosuunnille tulevasta liittymästä ja liikennejärjestelystä. Valaistus on näkyvyyden ja liittymän havaittavuuden kannalta yksi tärkeimmistä tekijöistä.

Maisemointi: Sopivalla maisemoinnilla voidaan vaikuttaa tiealueen ulkonäköön ja liittymän havaittavuuteen. Kiertosaarekkeen istutukset elävöittävät taajamakuva ja liikenneympäristöä.

Pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden huomioonottaminen: Kiertoliittymiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon pyöräilijät ja jalankulkijat ja taata näille turvallinen liikkuminen liittymäalueella.

Näkemät ja näkyvyys: Mahdollisuus nähdä eteenpäin on yksi merkittävimmistä tiensuunnittelun mitoitusperusteista. Näkemällä tarkoitetaan sitä matkaa, jonka kuljettaja pystyy näkemään tien suunnassa. Näkemäpituuden tulee olla vähintään sellainen, että kuljettaja voi nähdä esteen ja pystyy pysähtymään ennen estettä. Kiertoliittymän suunnittelussa näkemä väistämiskiivon kohdalta vasemmalle kiertotilaan sekä näkemä tulosuunnalta ennen kiertoliittymää ovat tärkeitä. Iso-Britannian suunnitteluohjeiden mukaan kiertoliittymässä, jonka ulkohalkaisija on alle 40 metriä, pitäisi koko liittymän sisältyä näkemäalueeseen.

2.2 Geometria

Kiertoliittymien geometrinen suunnittelu liittyy liikenteen toimintaan ja turvallisuuteen. Pääasiallinen tarkoitus kiertoliittymien suunnittelussa on varmistaa liikennevirtojen turvallinen risteäminen ja mahdollisimman pienet viiveet. Kiertoliittymä suunnitellaan tarkastelemalla joukkoa yksittäisiä suunnitteluelementtejä, jotka ovat osittain riippuvaisia toisistaan. Kiertoliittymän toiminta liittymätyypinä riippuu näistä suunnitteluelementeistä.

Kiertoliittymien suosio Euroopassa ja monissa muissa maissa perustuu kiertoliittymillä muihin liittymätyyppeihin verrattuna saavutettaviin etuihin. Useimmissa maissa on omat geometrian mitoitusmenetelmänsä. Geometria riippuu pääasiassa mitoitusajoneuvoista ja niiden nopeuksista. Koska ajoneuvotyypit ovat erilaisia, eroaa kiertoliittymien geometriakin eri maissa. Muita merkittäviä tekijöitä toimivan kiertoliittymän suunnittelussa ovat kiertotila, tulo- ja poistumissuunnat, kiertosaareke ja kiertotilan kavennus. Ratkaiseva tekijä on tulosuunnan taivutus, joka säätelee ajoneuvon nopeutta liittymän läpi /18/. Baredin mukaan tärkein yksittäinen elementti kiertoliittymän suunnittelussa on tulo- ja poistumissuuntien taivutus. Jokainen taivutus tulisi suunnitella erikseen, eikä taivutussäde saisi ylittää sataa metriä. /9/

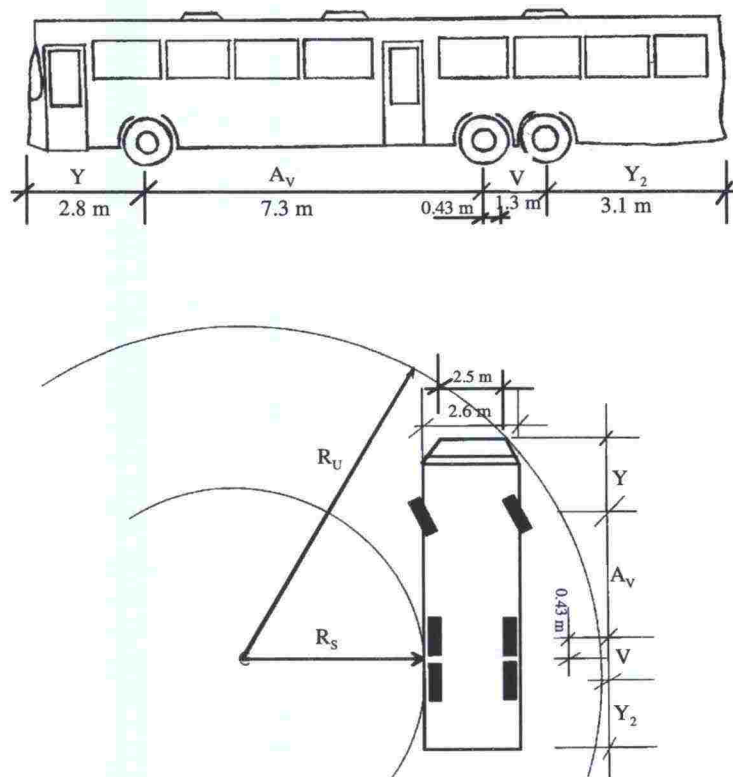
2.3 Mitoitusparametrit

2.3.1 Ajoneuvotyypit

Suomalaisissa suunnitteluohjeissa otetaan huomioon suurimman mitoitusajoneuvon vaatima tilantarve liittymässä. Moduulirekat hyväksyttiin suomalaisille teille vuonna 1997. Tällöin enemmän tilaa vaativa moduulirekka valittiin myös mitoitusajoneuvoksi. Moduulirekan maksimipituus on 25,25 metriä, joka tarvitsee 0,5 – 1,0 metriä aiempaa enemmän kääntymistilaa. Tästä syystä Tielaitos on muuttanut suunnitteluohjeita nykyisiä ajoneuvoja vastaaviksi. /14/

Raskaiden ajoneuvojen tarvitsema minimi kiertotilan leveys voidaan määrittää *kuvissa 3, 4 ja 5* esitetyillä menetelmillä. /17/ Menetelmissä otetaan huomioon ajoneuvon ohjaamon kuormakoria kapeampi leveys pyöristyksineen ja sen aiheuttama mitoitusajoneuvon lyheneminen 0,15 metrillä (liite 1), sekä kuorma-auton teliakselin ohjautuvuuskeskiö. Teliakselin ohjautuvuuskeskiö on oletettu olevan ohjautumattomien akselien painopisteessä.

a) Telilinja-auto (Lat) mitoitussajoneuvona (pituus 14,5 m):



Kuva 3: Kiertotilan minimileveyden määrittäminen, kun mitoitussajoneuvona on telilinja-auto.

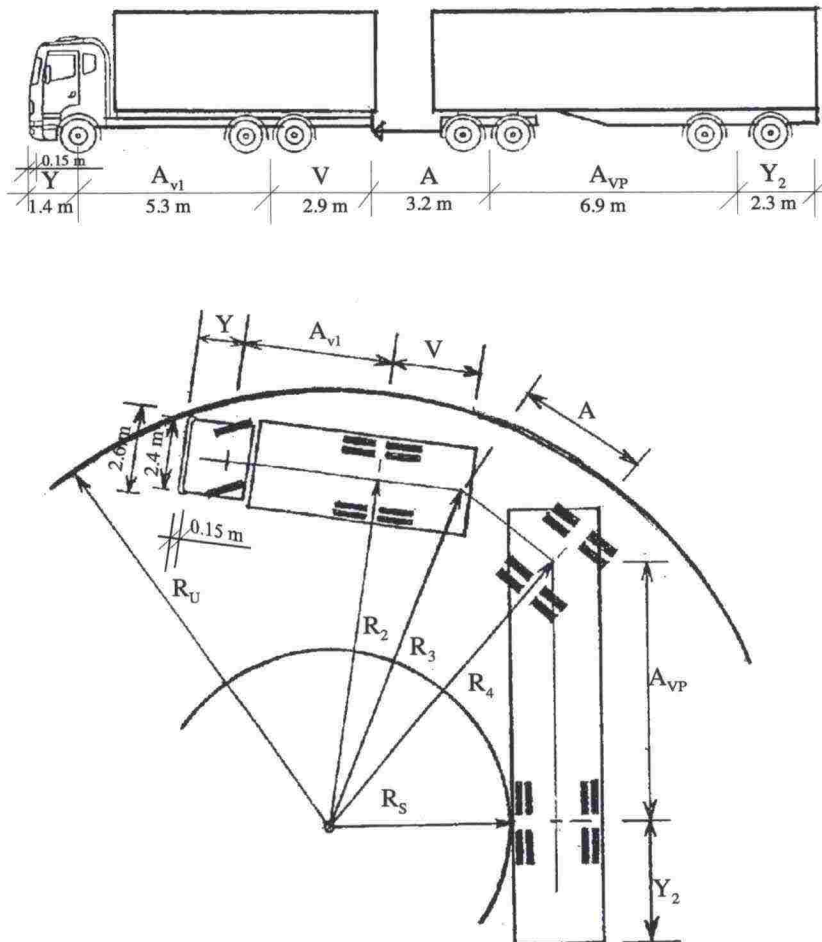
Ulkokaarten säde, $R_U = 15,0 \text{ m}$

Sisäkaarten säde, $R_S = (R_U^2 - (Y + A_v + 0.43)^2)^{1/2} - 2,55 \text{ m}$.

$\Rightarrow R_S = 8,1 \text{ m}$

Ajouran leveys = $(R_U - R_S) = 6,9 \text{ m}$.

b) Perävaunullinen kuorma-auto (Kap) mitoitussajoneuvona (22,0 m):



Kuva 4: Kiertotilan minimileveyden määrittäminen, kun mitoitussajoneuvona on perävaunullinen kuorma-auto.

Ulkokaarten säde, $R_U = 12,5 \text{ m}$

$$R_2 = (R_U^2 - ((Y - 0,15) + A_{v1})^2)^{1/2} - 1,2 \text{ m} = 9,45 \text{ m}$$

$$R_3^2 = R_2^2 + V^2 = 97,71 \text{ m}^2$$

$$R_4^2 = R_3^2 - A^2 = 87,47 \text{ m}^2$$

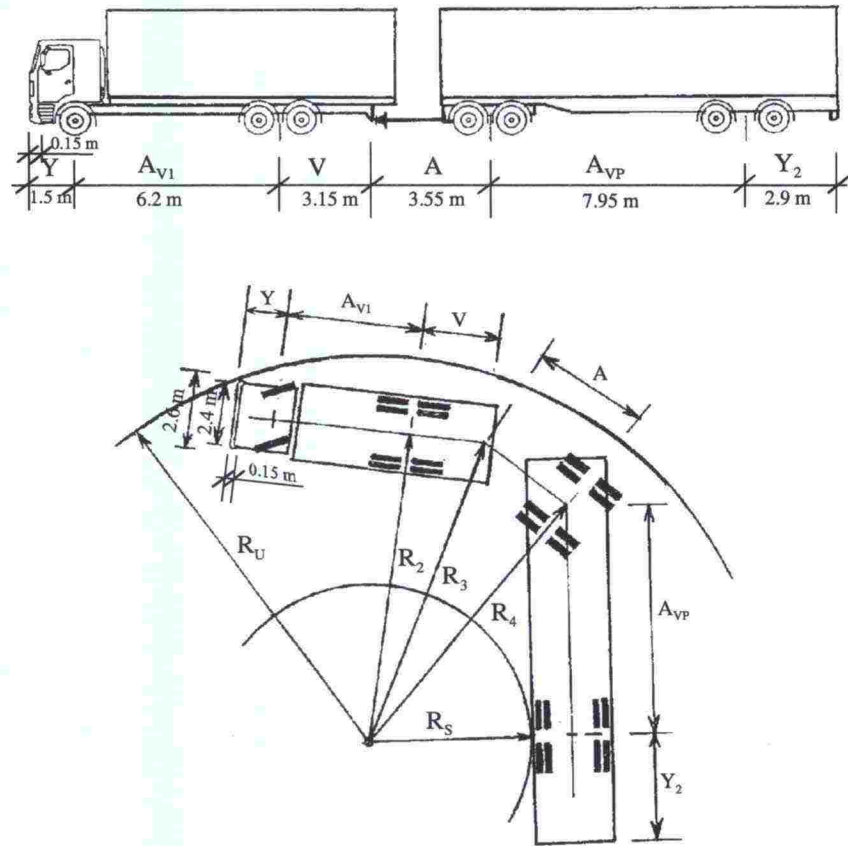
$$\text{Sisäkaarten säde } R_S = (R_4^2 - A_{vp}^2)^{1/2} - 1,3 \text{ m}$$

$$\Rightarrow R_S = 5,0 \text{ m.}$$

$$\text{Ajouran leveys} = (R_U - R_S) = 7,5 \text{ m.}$$

Ajouran leveys olisi 7,6 m, jos ohjaamon leveydeksi oletettaisiin 2,6 m ilman pyöristyksiä ja kuorma-auton teliakselin ohjautuvuuskeskiö olisi teliakselin puolivälissä.

c) **Moduulirekka (Kam) mitoitussajoneuvona (25,25 m):**



Kuva 5: Kiertotilan minimileveyden määrittäminen, kun mitoitussajoneuvona on moduulirekka.

Ulkokaarteen säde, $R_U = 12,5 \text{ m}$

$$R_2 = (R_U^2 - ((Y - 0.15) + A_{V1})^2)^{1/2} - 1,2 \text{ m} = 8,76 \text{ m}.$$

$$R_3^2 = R_2^2 + V^2 = 86,7 \text{ m}^2$$

$$R_4^2 = R_3^2 - A^2$$

$$\Rightarrow R_4^2 = 74,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Sisäkaarteen säde } R_S = (R_4^2 - A_{VP}^2)^{1/2} - 1,3 \text{ m}$$

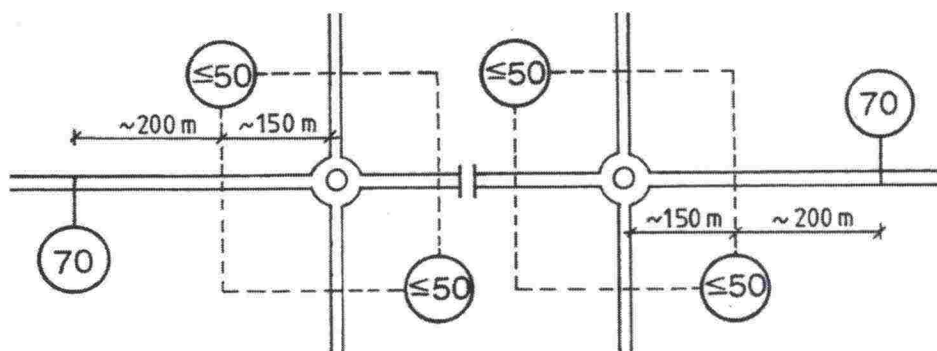
$$\Rightarrow R_S = 2,0 \text{ m}.$$

$$\text{Ajouran leveys} = (R_U - R_S) = 10,5 \text{ m}.$$

Ajouran leveys olisi 11,6 m, jos ohjaamon leveydeksi oletettaisiin 2,6 m ilman pyöristyksiä ja kuorma-auton teliakselin ohjautuvuuskeskiö olisi teliakselin puolivälissä.

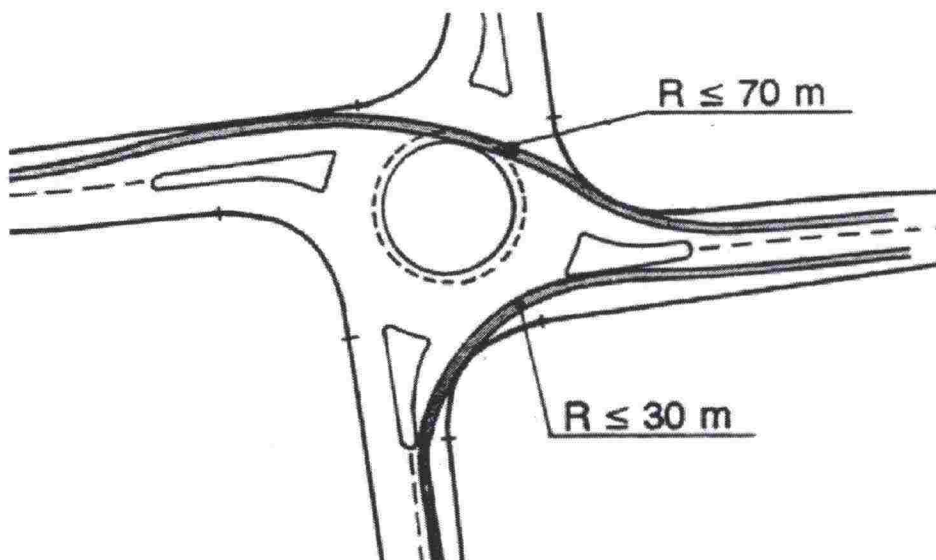
2.3.2 Mitoitusnopeus

Kiertoliittymät suunnitellaan siten, että ajonopeudet liittymäalueella ovat 20 – 40 km/h. Nopeusrajoitus kiertoliittymän kohdalla on korkeintaan 50 km/h. Tarvittaessa nopeusrajoitus alennetaan noin 150 metriä ennen kiertoliittymää. /2/



Kuva 6: Nopeuden alentaminen ennen kiertoliittymää.

Kiertoliittymän muoto suunnitellaan siten, ettei liittymän läpi pääse oikeasmallakaan ajamaan liian lujaa. Ajoneuvouran (leveys 2 m) suurin säde liittymän kohdalla saa olla enintään 70 metriä ja oikealle kääntyvien ajoneuvouran säde enintään 30 metriä (kuva 11). /2/



Kuva 7: Ajoneuvourien maksimisäteet kiertoliittymissä.

2.3.3 Kiertotila

Kiertotilan pitäisi olla ympyränmuotoinen. Kiertotilan leveydet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Kiertotilan leveydet.

Tyyppi	Kiertosaarekkeen halkaisija (m)	Kiertotilan leveys (m)		
		1-ajokaistainen	2-ajokaistainen	
			Ei ajokaistaviivaa	Ajokaistaviiva
Mini	< 4	10.0 (9.0)		
Pieni	4 - 8	10.0 (9.0)		
	9 - 12	10.0 (9.0)		
Normaali	13 - 15	9.0 (8.5)		
	16 - 20	8.5 (8.0)	12.0	
	21 - 25	8.0 (7.5)	11.0	
	26 - 30	7.5 (7.0)	10.5	12.0
	31 - 40	7.0 (6.5)	10.0	11.5
Suuri	41 - 50	6.5 (6.0)	*10.5/9.5 (8.5)	
	51 -60	6.0 (5.5)	*10.0/8.5 (8.0)	

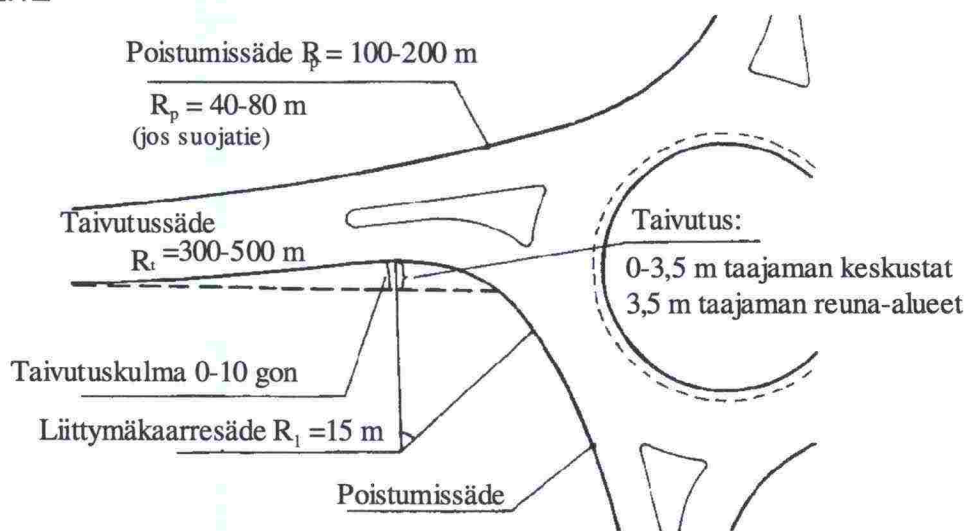
Huom: Suluissa olevat arvot olivat käytössä ennen moduulirekkojen käyttöönottoa Suomen tieverkolla.

* Ensimmäinen arvo on käytössä vuodesta 1999 lähtien, jälkimmäinen oli käytössä 1996-1999.

2.3.4 Tulo- ja poistumissuunnat

Tulosuunta tulisi suunnitella siten, että ajoneuvot joutuvat hidastamaan nopeuttaan. Siksi ajorataa taivutetaan yleensä hieman vasemmalle kuvan 8 mukaisesti ennen ajoneuvon saapumista liittymään. Taivutus ei saisi ylittää 3,5 metriä. Jos nopeusrajoitus on valmiiksi riittävän alhainen, esimerkiksi taajamassa, taivutus voi olla pienempi tai sitä ei välttämättä tarvita lainkaan. Tulo- ja poistumissuuntien leveydet on esitetty taulukossa 4. /2/

Liittymästä poistuminen suunnitellaan sujuvaksi. Jos poistumissuunnalle on suojatie, ajonopeutta vähennetään käyttämällä pienempää poistumissädettä. Geometriset suunnitteluperiaatteet on esitetty kuvassa 8 ja taulukossa 2. /2/



Kuva 8: Kiertoliittymän tulo- ja poistumissuuntien mitoitus.

Taulukko 2: Kiertoliittymän tulo- ja poistumissuuntien leveydet.

	1-ajokaistainen				2-ajokaistainen	
	Kokoojaväylät		Pääväylät		Pääväylät	
Tuloleveydet (m)	a ₂ 4.0 (4.0)	a ₁ 6.0 (5.5)	a ₂ 4.5 (4.5)	a ₁ 6.5 (6.0)	a ₂ 7.5 (7.5)	a ₁ 10.0 (9.5)
Poistumisleveydet (m)	b ₁ 5.0 (5.0)	b ₂ 4.0 (4.0)	b ₁ 5.5 (5.5)	b ₂ 4.5 (4.5)	b ₁ 7.5 (7.5)	b ₂ 7.5 (7.5)

Huom: Suluissa olevat arvot olivat käytössä ennen moduulirekkojen hyväksymistä Suomen tieverkolle

2.3.5 Kiertosaareke ja kiertotilan kavennus

Kiertosaareke on ympyränmuotoinen saareke, jota ei ole suunniteltu yliajettavaksi. Kiertosaarekkeen näkyvyys on merkittävä tekijä kiertoliittymän suunnittelussa. Kiertosaarekkeen halkaisija riippuu suunnitteluparametreista, jotka on esitetty aiemmin taulukossa 1 erityyppisille kiertoliittymille.

Aluetta kiertosaarekkeen ja kiertotilan välissä kutsutaan kiertotilan kavennukseksi. Se toimii kiertotilan yliajettavana lisäalueena siten, että pitkät ajoneuvot pääsevät liittymän läpi. Kiertotilan kavennus suunnitellaan siten, etteivät henkilö- ja pakettiautot aja sille, mutta alentavat riittävästi nopeuttaan liittymäalueella. Pintamateriaalina käytetään kiveystä tai muuta karkeata materiaalia. Kavennus ei saa olla teräväreunainen. Kavennuksessa käytetään samaa sivukaltevuutta kuin kiertotilassa ($\leq 2.5\%$). Kiertotilan kavennuksen leveydet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3: Kiertotilan kavennuksen leveydet eri tyyppisille kiertoliittymille.

Tyyppi	Kiertotilan kavennuksen leveys (m)
Mini	-
Pieni	$\leq 2,5$
Normaali	$\leq 2,0$ (D = 13-25 m)*
	$\leq 1,5$ (D = 26-40 m)*
Suuri	$\leq 1,0$

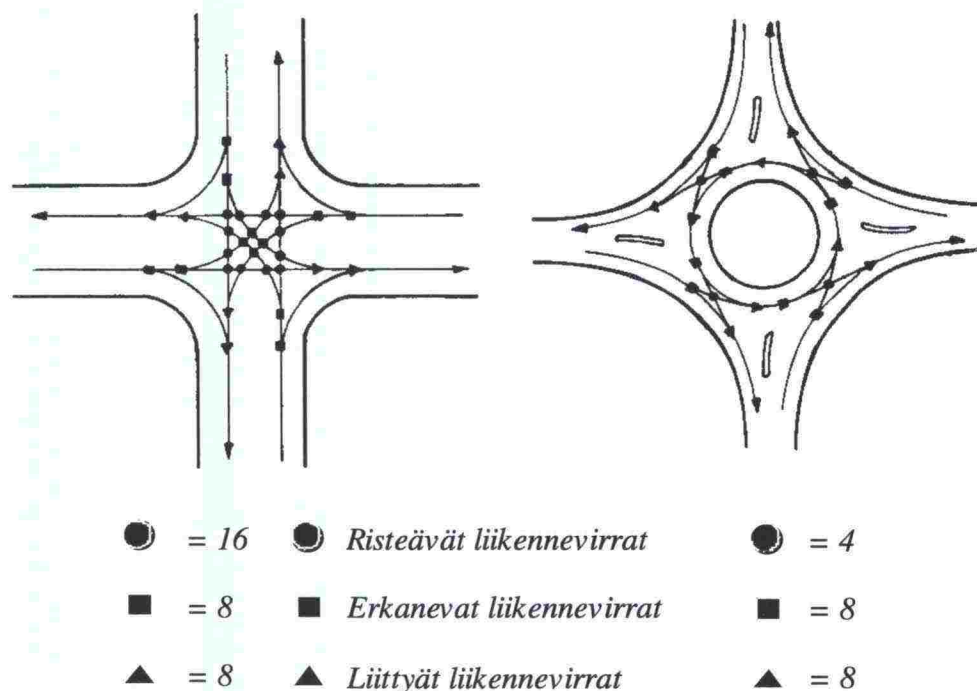
- D = Kiertosaarekkeen halkaisija.

2.4 Kiertoliittymien käyttö

2.4.1 Kiertoliittymät Suomessa

Suurin osa Suomen vanhoista liikenneympyröistä rakennettiin 1950-luvulla, mutta niiden aiheuttamien ongelmien vuoksi suurin osa niistä on korvattu tavanomaisilla tasoliittymillä. Ongelmia aiheutti käytössä ollut väistämissääntö, joka yleisesti ruuhkautti liittymiä. Lisäksi kiertoliittymien geometria oli sellainen, että liittymässä pystyttiin ajamaan liian suurella nopeudella. Tielaitos kiinnostui uudelleen kiertoliittymistä 1980-luvun lopulla, ja ensimmäinen uudentyypinen kiertoliittymä rakennettiin Lammille vuonna 1990. Tutkimuksen mukaan kyseisessä liittymässä turvallisuus parani kuusinkertaisesti ja välityskyky kasvoi 30 – 40 % /4/.

Kiertoliittymissä on vähemmän konfliktipisteitä kuin normaaleissa nelihaaraliittymissä. Kiertoliittymä hidastaa nopeuksia etenkin taajamaan tultaessa sekä parantaa taajaman porttikohdan ympäristöä. Koska valo-ohjausta ei tarvita, ei hiljaisen liikenteen aikana tarvitse odottaa tarpeettomasti. Kiertoliittymissä tapahtuu vähemmän onnettomuuksia ja ne ovat vakavuusasteeltaan lievempiä kuin esimerkiksi nelihaaraliittymissä tapahtuvat onnettomuudet.



Kuva 9: Konfliktipisteet nelihaara- ja kiertoliittymissä.

Kokonsa puolesta kiertoliittymät voidaan jakaa neljään ryhmään. Niitä voidaan käyttää taajamissa sekä taajamien reuna-alueilla, kun nopeusrajoitus on korkeintaan 80 km/h. Kiertoliittymiä voidaan käyttää mm. seuraavissa tapauksissa /2/:

- I Liittymissä, joissa on tapahtunut paljon risteämisonnettomuuksia (suuri risteävä liikenne).
- II Nopeuden alentamiskeinona, jolloin kiertoliittymä toimii hidastimena taajamaväylän ajonopeuksia alentaen.
- III Liittymissä, joissa väistämisvelvollisuudet ovat epäselviä.
- IV Jos sivusuunnalla esiintyy välityskykyongelmia.
- V Jos vasemmalle kääntyvää liikennettä on paljon.
- VI Liittymässä, jossa pääsuunnan kaarresäde on pieni.
- VII Viisihaarisessa liittymässä.
- VIII Eritasoliittymien ramppien päissä.
- IX Liittymäjärjestelyissä läheisellä tieverkolla.
- X Valo-ohjauksen vaihtoehtona taajamissa, jos liikennevalojen hoitoon tarvittavaa tietotaitoa ei ole helposti saatavissa.

Taulukko 4: Yksikaistaiset kiertoliittymätyypit ja niiden käyttö.

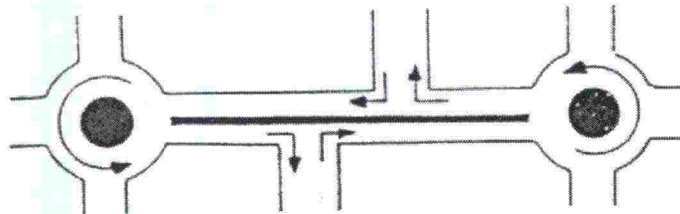
Kierto- saarekkeen halkaisija	< 4 m	4 – 12 m	13 – 40 m	> 40 m
Tyyppi	Mini	Pieni	Normaali	Suuri
Käyttökohde	Paikallinen katu	Taajama	Taajaman reuna-alue	Maaseutu
Nopeus- rajoitus (km/h)	≤ 40 (50)	≤ 50 (60)	40-70	≤ 70 (80)
Liikenne määrä (hay/h)	< 1000	1000-2000	2000-3000	3000-3500

2.4.2 Kiertoliittymät Ruotsissa

Ruotsissa liikenneturvallisuus on Euroopan parhaita/12/. Siellä kiertoliittymiä on käytetty 1950-luvulta lähtien mm. seuraavista syistä /3, 6/:

- I Turvallisin liittymätyyppi,
- II Välityskyky on parempi ja odotusajat voivat vähentyä jopa 63 – 97 % verrattuna valo-ohjauksisen liittymän odotusaikoihin,
- III Sujuva liikennevirta vähentää melun ja pölyn aiheuttamia ympäristövaikutuksia,
- IV Matalat kunnossapitokustannukset valo-ohjaukseen verrattuna,

Ennen ja jälkeen tutkimusten mukaan kaikkien tienkäyttäjien onnettomuudet vähenevät kiertoliittymissä noin 35 %. Yleisin onnettomuustyyppi on yksittäisonnettomuudet. Ruotsissa on käytössä myös kahden lähekkäisen kiertoliittymän järjestelmä, jonka ei ole huomattu vähentävän välityskykyä. Kahden kiertoliittymän välillä olevissa liittymissä ei sallita lainkaan vasemmalle kääntyvää liikennettä. Järjestelmä selviää kuvasta 10. /3/



Kuva 10: Vasemmalle kääntyvän liikenteen poistaminen kahden kiertoliittymän välissä.

Sveitsin ja Ruotsin kiertoliittymiä käsittelevässä selvityksessä on todettu myös joitakin kiertoliittymien aiheuttamia ongelmia /3/:

- I Joukkoliikenteelle ei ole mahdollista antaa etuajo-oikeutta,
- II Kiertoliittymän suunnittelu on hankalaa, jos pyöräilijöitä ja raskasta liikennettä on runsaasti,
- III Lumen poisto pienistä kiertoliittymistä on hankalaa,
- IV Yli neljän prosentin pituuskaltevuus liittymäalueella lisää raskaiden ajoneuvojen kaatumisriskiä.

Ruotsissa suositellaan yleisille teille kiertoliittymiä, joiden halkaisija on 20 – 40 metriä. Tulosuunnat suunnitellaan siten, että ajoneuvot joutuvat alentamaan nopeuttaan. Poistumissuunnan kaarteeseen säde on 100 – 200 metriä. Kun kiertoliittymän läpiajosäde on alle 100 metriä, ei liittymän läpi pysty käytännössä ajamaan yli 50 km/h nopeudella.

3 MITTAUSKOHTEET JA -MENETELMÄT

3.1 Kohteen valinta ja kohteet

Uudentyyppiset kiertoliittymät ovat herättäneet laajaa kiinnostusta viime vuosien aikana. Tielaitos on rakentanut jo yli 120 uudentyyppistä kiertoliittymää 1990-luvulla. Tähän tutkimukseen valittiin 10 kiertoliittymää Suomen päätieverkolta seuraavien ehtojen perusteella:

- I Uudentyyppiset kiertoliittymät pääteillä,
- II Riittävä määrä raskaita ajoneuvoja (myös linja-autoja),
- III Kiertoliittymiä, jotka ovat saaneet runsaasti kritiikkiä tienkäyttäjiltä,
- IV Erikokoiset kiertosaarekkeen halkaisijat.

Valittuja kiertoliittymiä (liite 2) tarkasteltiin sekä talvi- että kesäolosuhteissa. Olosuhteet valituissa kiertoliittymissä tutkimuspäivinä on kuvailtu alla.

Muhos

Tutkimuksen aikana tien pinnan kunto ei vaikuttanut ajotapaan kesällä eikä talvella. Vaikka tienpinta oli talvella märkä, sillä ei ollut vaikutusta ajotapaan. Valoisuus oli riittävä koko näkemäpituudelle. Sulava lumi kasteli tienpinnan, mutta vesi valui pois ajoradalta, joten kiertoliittymään ei kerääntynyt vettä, joka voisi aiheuttaa vaaraa. Tulo- ja poistumisteiden reunoilla oli lumivallit, jotka kavensivat hieman ajokaistoja.

Kaustinen

Talviolosuhteet vaikuttivat hieman ajotapaan heikon sateen vuoksi. Sulava lumi ja sade kastelivat tienpintaa, mutta vesi valui pois ajoradalta. Ajoradalle ei kertynyt vettä, eikä näkemäolosuhteiden voitu katsoa olleen niin huonot, että voisi aiheutua vaaratilanteita.

Virrat

Talvella tutkimuspäivä oli aluksi sateinen ja sumuinen, mutta myöhemmin sade loppui ja ilma kirkastui. Tienpinta oli märkä sateen ja sulavan lumen vuoksi. Koska vesi valui pois ajoradalta, ei tienpinnalle kerääntynyt vaaraa aiheuttavaa vettä. Näkyvyys ei ollut kovin huono. Kesällä tutkimuspäivä oli pilvinen, mutta valoisuus oli riittävää näkemäpituuksille ja tienpinta oli kuiva.

Keuruu

Tien pinta ei vaikuttanut ajokäyttäytymiseen kesällä eikä talvella, mutta heikko sade saattoi vaikuttaa hieman ajotapaan talvella. Tienpinta oli märkä sateen ja sulavan lumen vuoksi, mutta vesi valui pois ajoradalta. Vettä ei kertynyt ajoradalle.

Kangasala

Kangasalla oli kaksi tutkimuskohdetta, toinen Valkeakoskentiellä ja toinen Alasentiellä. Molempina tutkimuspäivinä talvella tien pinta oli liukas polanteen vuoksi, mikä saattoi vaikuttaa normaaliin ajokäyttäytymiseen. Valkeakoskentiellä lumi aurattiin ja sen jälkeen käytettiin suolaa liukkaudentorjuntaan, mutta liukkaus oli silti ongelma kiertotilassa, jossa takarenkaat osuessaan kiertotilan kavennuksen kaltevaan reunaan luistivat ulko-kaarteeseen päin. Alasentiellä satoi jatkuvasti lunta, eikä kunnossapitotöitä suoritettu mittausaikana. Molemmissa paikoissa lumi peitti kiertotilan kavennuksen, ja liukkaus sai ajoneuvot luistamaan ulkokaarretta kohti. Kuljettajien oli myös vaikea hahmottaa kiertosaarekkeen reunatukea. Kuva 11 esittää talviolosuhteita Alasentiellä. Kesällä olosuhteet eivät vaikuttaneet ajamiseen kummassakaan liittymässä.



Kuva 11: Talviolosuhteet Alasentien kiertoliittymässä.

Hämeenlinna

Talvella tienpinta oli liukas lumipolanteen takia ja lumisade jatkui koko tutkimusajan, joten olosuhteilla oli vaikutusta ajotapaan. Palvelutason nostamiseksi tie aurattiin ja liukkautta torjuttiin suolalla sekä hiekalla. Silti liukkaus oli ongelma kiertotilassa, koska takarenkaat osuessaan kiertotilan kavennuksen kaltevaan reunaan luistivat ulkokaarretta kohti. Kasaantunut lumi peitti reunatuet, ja huonoimmassa kunnossa oli 0,5 metriä leveä alue kiertosaarekkeen reunatuen ulkopuolella. Tulo- ja poistumisteillä ei esiintynyt ongelmia, vaikka kasaantunut lumi kavensikin poistumisteitä.

Hämeenkyrö

Hämeenkyröstä oli valittu kaksi kiertoliittymää. Ensimmäinen sijaitsi tiellä numero 3 Härkikujan kohdalla (Hämeenkyrö-1) ja toinen, Esson liittymä, teiden 3, 249 ja 3002 risteyksessä (Hämeenkyrö-2). Kesällä molempina tutkimuspäivinä sää oli kirkas ja tien pinta kuiva. Myös talvella sää oli kirkas, mutta tien pinta oli jäinen. Hämeenkyrö-1:ssä kunnossapito ei ollut mittausaikana tyydyttävää. Kasaantunut lumi kavensi tulo- ja poistumisteitä. Kiertotilan kavennus oli lumipolanteen peitossa, joten ajoneuvojen takarenkaat osuessaan kiertotilan kavennuksen kaltevaan reunaan luistivat ulkokaarretta kohti.

Hämeenkyrö-2:ssa oli kevyttä lumisadetta ja tienpinta oli lumen peitossa. Kunnossapitotöitä tehtiin kello 11:00 ja 12:30. Huonoimmassa kunnossa oli kiertotilan kavennus. Kuva 12 esittää talviolosuhteita Hämeenkyrö-2:n kiertoliittymässä.



Kuva 12: Talviolosuhteet Hämeenkyrössä Esson kiertoliittymässä.

Jämsä

Talvella tien pinta oli lumipolanteen takia liukas ja tutkimusaikana esiintyi kevyttä lumisadetta. Liukkaita torjuttiin suolan ja hiekan avulla. Liukkaus oli kuitenkin ongelma kiertotilassa, jossa takarenkaat pääsivät luistamaan ulkokaarretta kohti osuessaan kiertotilan kavennuksen kaltevaan reunaan. Kasaantunut lumi peitti kiertosaarekkeen reunan ja kiertotilan kavennuksen. Pahimmassa kunnossa oli 0,5 metriä leveä vyöhyke kiertosaarekkeen reunatuesta ulospäin. Kuljettajilla oli myös hankaluuksia hahmottaa kiertosaarekkeen reunatukea. Kesällä sää oli pilvinen, mutta sillä ei ollut vaikutusta normaaliin ajotapaan. Jämsän talviolosuhteet selviävät kuvasta 13.



Kuva 13: Talviolosuhteet Jämsän kiertoliittymässä.

Tiivistelmä valittujen kiertoliittymien olosuhteista on esitetty *taulukossa 5*.

Taulukko 5: Tiivistelmä havainnoiduista olosuhdetekijöistä.

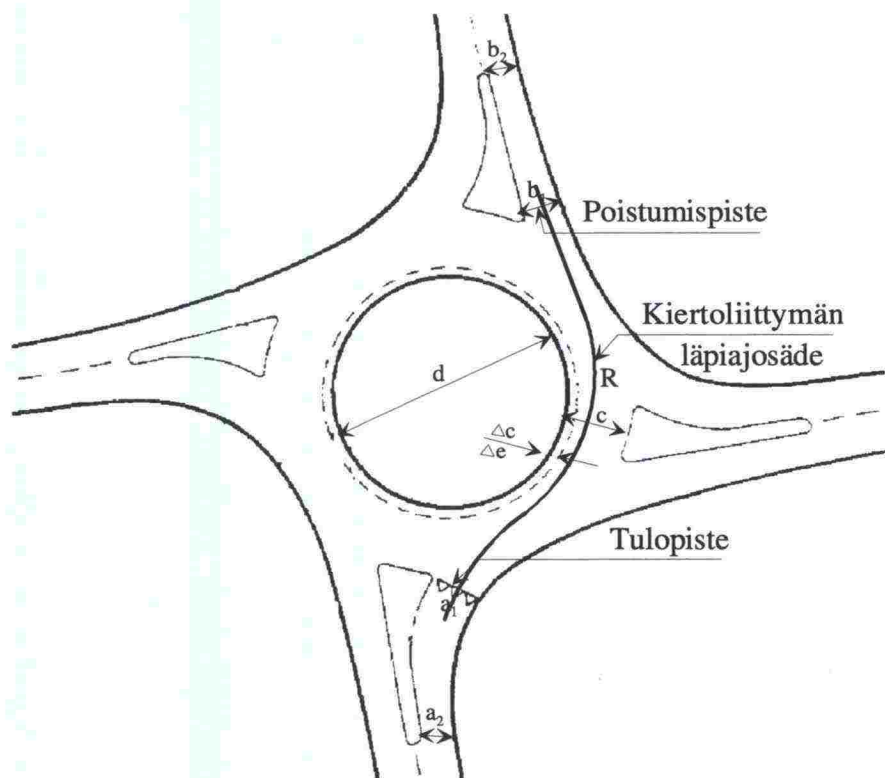
Sijainti	Päivä	Säätila	Tien pinta	Lämpötila	Näkyvyys
Tie no 22 Ponkilantie,	02.12.1998	Puolipilvinen	Märkä	+8.0 ⁰ C	Hyvä
Muhos	28.04.1999	Kirkas	Kuiva	+11.0 ⁰ C	Hyvä
Tie no 13/63 Kaustinen	19.01.1999	Sade	Märkä	+1.5 ⁰ C	Tyydyttävä
	09.06.1999	Kirkas	Kuiva	+20.0 ⁰ C	Hyvä
Tie no 66/14362 Virrat	20.01.1999	Puolipilvinen	Märkä	+2.0 ⁰ C	Hyvä
	04.06.1999	Puolipilvinen	Kuiva	+12.0 ⁰ C	Hyvä
Tie no 23/16511 Keuruu	21.01.1999	Sade	Märkä	+1.5 ⁰ C	Tyydyttävä
	07.05.1999	Kirkas	Kuiva	+4.0 ⁰ C	Hyvä
Tie no 339/310 Valkeakoskentie,	02.02.1999	Puolipilvinen	Jäinen	-12.0 ⁰ C	Hyvä
Kangasala	06.05.1999	Kirkas	Kuiva	+11.0 ⁰ C	Hyvä
Tie no 339 Alasentie,	03.02.1999	Lumisade	Jäinen	-7.5 C	Hyvä
Kangasala	05.05.1999	Heikko sade	Märkä	+7.0 ⁰ C	Tyydyttävä
Tie no 10/3053 Katinen,	04.02.1999	Lumisade	Jäinen	-2.0 ⁰ C	Hyvä
Hämeenlinna	04.05.1999	Pilvinen	Kuiva	+7.0 ⁰ C	Tyydyttävä
Tie no 3/249/3002 (Esso)	10.02.1999	Kirkas	Jäinen	-21.0 ⁰ C	Hyvä
Hämeenkyrö-2	03.06.1999	Aurinkoinen	Kuiva	+19.0 ⁰ C	Erittäin hyvä
Tie no 3 Härkikuja,	11.02.1999	Kirkas	Jäinen	-18.0 ⁰ C	Hyvä
Hämeenkyrö-1	02.06.1999	Aurinkoinen	Kuiva	+12.0 ⁰ C	Erittäin hyvä
Tie no 9/24 Jämsä	12.02.1999	Puolipilvinen (lumisade)	Jäinen	-14.5 ⁰ C	Tyydyttävä
	03.05.1999	Pilvinen	Kuiva	+5.0 ⁰ C	Tyydyttävä

3.2 Mittausmenetelmät

Tutkimuksen alussa testattiin tietojen keräämistä Muhoksella. Tietoja rekisteröitiin useilla tavoilla analysointia varten. Tiedonkeräysprosessi sisälsi geometrisiä mittauksia, nopeuden mittausta ja videokuvausta sekä ajolinjojen tarkkailua. Läpikulkuajat mitattiin erikseen jokaiselle ajoneuvolle sekuntikellon avulla. Se mahdollisti keskinopeuksien laskemisen kiertotilassa ajoneuvoille, joiden tutkimittauksessa oli häiriöitä tutkan tai muiden ajoneuvojen aiheuttamien häiriöiden vuoksi.

Ajonopeudet sisääntulo- ja poistumispisteiden välillä mitattiin 0,3 sekunnin välein tutkalla, joka oli kytketty kannettavaan tietokoneeseen. Samaan aikaan suoritettiin videokuvausta kameralla, joka oli sijoitettu noin 40 metrin päähän poistumispisteestä. Lähestymisnopeus mitattiin toisella tutkalla 50 metriä ennen liittymän sisääntuloa, jolloin kuljettajien tulee ryhtyä keskittymään kiertoliittymän läpikulkuun.

Kiertoliittymästä mitattiin maastossa *kuvan 14* osoittamat mitat. Henkilöauton ajolinjaa vastaavan kiertoliittymän läpiajosäteen (R) arvo määritettiin geometriatietojen avulla. Säteen arvo määritettiin Kaustisella, Alasentiellä ja Jämsässä jättämällä kiertotilan kavennus pois laskelmista. Valittujen kiertoliittymien parametrit on esitetty *taulukossa 6*.



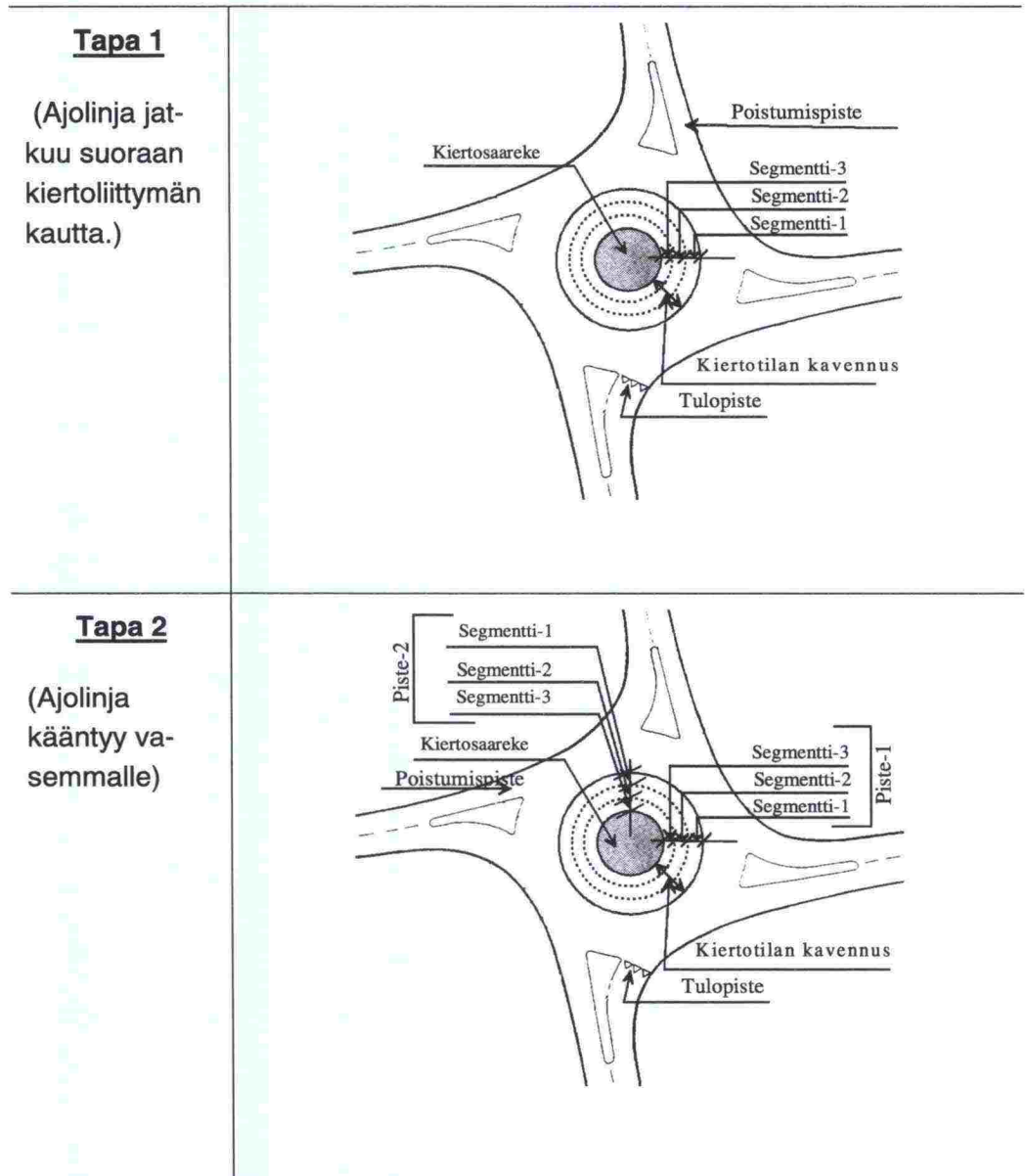
Kuva 14: Kiertoliittymän geometriset mitat.

Taulukko 6: Valitut kiertoliittymät ja niiden mitat metreinä.
(Parametrit selviävät kuvasta 14.)

Sijainti	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	c	Δ c	Δ e*	D	R
Tie no 22 Ponkilantie, Muhos	7.4	4.3	6.9	3.8	10.1	2.0	-	16	85
Tie no 13/ 63, Kaustinen	5.8	3.6	3.9	3.9	6.6 (7.6)	-	1.0	30 (28)	37 (43)
Tie no 66/ 14362, Virrat	7.1	4.5	6.4	5.2	6.5	1.0	-	35	29
Tie no 23/ 16511, Keuruu	7.5	5.5	4.7	4.6	9.7	2.5	-	20	50
Tie no 339/310 Valkeakos- kentie, Kangasala	5.9	4.3	5.2	3.9	7.0	1.0	-	30	50
Tie no 339 Alasentie, Kangasala	5.5	4.0	5.0	4.1	6.5 (8.0)	0.0	1.5	23 (20)	29 (37)
Tie no 10/ 3053, Katinen, Hämeenlinna	6.8	4.6	5.5	5.4	6.5 (9.0)	0.0	2.5	30 (25)	--
Tie no 3 Härkikuja, Hämeenkyrö-1	5.7	3.7	6.0	4.6	7.1	1.0	-	26	42
Tie no 3/249/ 3002 (Esso) (Hämeenkyrö- 2)	7.4	4.3	6.5	4.2	6.2	1.0	-	40	31
Tie no 9/24 Jämsä	7.0	4.6	5.7	4.4	6.0 (7.0)	0.0	1.0	32 (30)	29 (33)

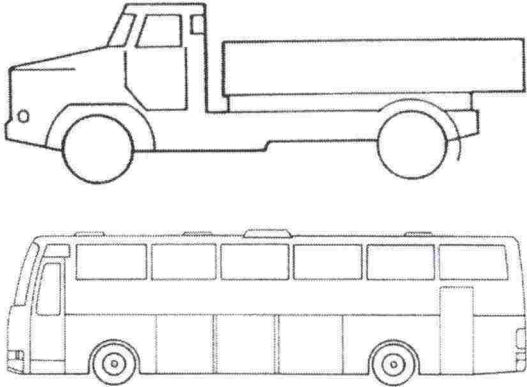
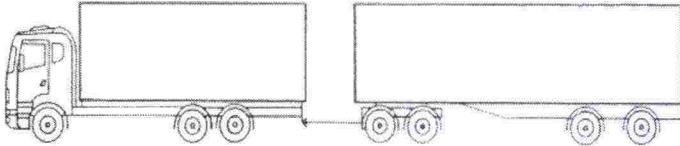
* Huom: Δ e tarkoittaa samaa suuretta kuin Δ c. Δ e erotetaan Δ c:stä, koska kiertotilan kavennukset ovat erilaisia. Kun kiertotilan kavennuksen rakenteessa on korkeat reunatuet, kavennusta ei katsottu kiertotilan osaksi. Tämän tyyppiset rakenteet kaventavat kiertotilaa sekä pienentävät ajolinjan sädettä. Suluissa olevat numerot ovat arvoja, jotka saataisiin, jos reunatuet olisivat paremmin yliajokelpoisia.

Ajolinjat on rekisteröity merkitsemällä 0,5 metrin segmentit kiertosaarekkeen reunatuesta tien pinnan suuntaan. Järjestelmä on selitetty alla.



Kuva 15. Ajolinjojen rekisteröintitavat.

Tutkimus kattaa vain raskaat ajoneuvot, joihin kuuluvat kuorma- ja linja-autot (luokka 1) sekä eri kuorma-auton ja perävaunujen (luokka 2) yhdistelmät (kuva 16).

<u>Luokka 1</u>	
<u>Luokka 2</u>	

Kuva 16: Tutkimuksessa tarkasteltujen ajoneuvojen luokat.

Tutkittujen ajoneuvojen tarkasteltavat ajosuunnat kiertoliittymissä valittiin geometrian vertailua varten liittymän liikennevirtojen perusteella. Valitut ajo-toiminnot eri kiertoliittymissä on esitetty *taulukossa 7*.

Taulukko 7: Tarkasteltujen ajolinjojen suunnat valituissa kiertoliittymissä.

Sijainti	Ajolinjan suunta	Ajosuunta
Muhos	Kajaani - Oulu	Suoraan
Kaustinen	Jyväskylä - Kokkola	Suoraan
Virrat	Orivesi - Lapua	Suoraan
Keuruu	Jyväskylä - Pori	Suoraan
Valkeakoskentie	Kangasala - Tampere	Suoraan
Alasentie	Kangasala - Tampere	Suoraan
Hämeenlinna	Lahti - Turku	Vas.käänt.
Hämeenkyrö-1	Tampere - Vaasa	Suoraan
Hämeenkyrö-2	Tampere - Vaasa	Suoraan
Jämsä	Tampere - Jyväskylä	Suoraan

4 MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI

4.1 Yleistä

Havaittuja mittausrvoja jouduttiin karsimaan etenkin tutkahavainnoista. Seuraavissa tapauksissa nopeushavainnot eivät olleet tutkimukseen hyväksyttäviä.

- I Ajoneuvot, jotka joutuivat pysähtymään tulokohdassa.*
- II Ajoneuvot, joiden nopeus oli alle 14 km/h, koska käytetty tutka ei pysty lukemaan nopeuksia alle 14 km/h.*
- III Muiden ajoneuvojen aiheuttamien heijastusten tai häiriöiden vuoksi virheelliset tai puutteelliset nopeusprofiilit.*
- IV Muista syistä johtuvat ilmeiset virheet mittaustuloksissa.*

Mittaustulosten analysointi suoritettiin kahdessa osassa: ajolinjojen analysointi ja ajonopeuksien analysointi. Ajonopeuksien analysoinnissa käytettiin tarpeen mukaan videotallenteita kalibrointiin. Nopeudet laskettiin samalta, kaikkien ajoneuvojen käyttämältä ajolinjalta. Kangasalan tapauksissa (Valkeakoskentie ja Alasentie) ajoneuvoluokka 1 edustaa pelkästään linja-autoja, koska linja-autoreitti kulkee liittymien läpi ja linja-autoliikennettä on myös enemmän kuin muissa tarkastelluissa liittymissä. Linja-autoreitti oli myös yksi syy näiden liittymien ottamiseen mukaan tutkimukseen. 12 – 14,5 metriä pitkät linja-autot tarvitsevat suuremman tilan kääntymiseen kuin tavalliset kuorma-autot.

Virroilta, Hämeenkyrö-2:sta (Esso) ja Hämeenlinnasta talvella kerätty laaja tieto oli nopeusanalyysin kannalta huonoa. Virroilla ja Hämeenkyrö-2:ssa suuressa osassa nopeustietoja oli muiden ajoneuvojen aiheuttamia häiriöitä. Hämeenlinnan tapauksessa valittu tutkan asema ei ollut soveliaa kääntyvän liikenteen mittaamiseen. Kesällä nämä ongelmat ratkaistiin muuttamalla tietojen tallennusmenetelmiä. Nopeusanalyysissä käytettyjen ajoneuvojen osuus kaikista ajoneuvoista esitetään *taulukossa 8 ja 9*.

Taulukko 8: Luokkaan 1 kuuluvat ajoneuvot, joita on käytetty nopeusanalyysissä.

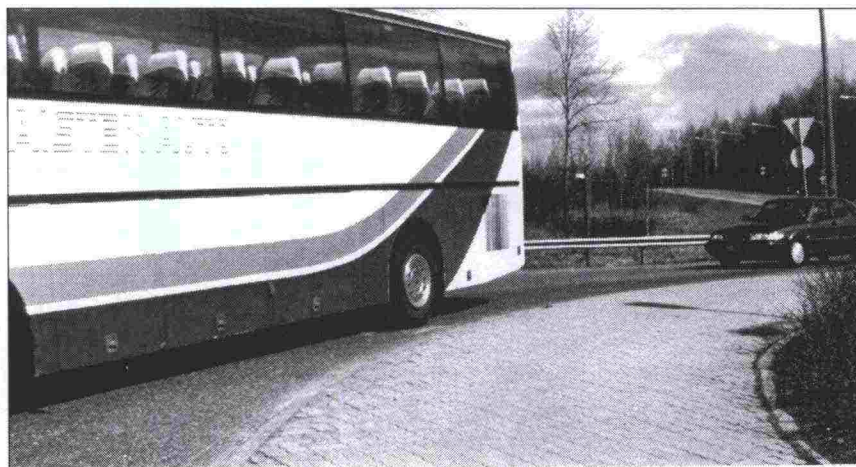
Sijainti	Pvm.	Havaitut ajoneuvot	Pysähtyi tulokohd.	Nopeus alle 14 km/h	Epäsopiva tieto	Laskentaan sopimaton	Laskuissa käytetty
Muhos	02.12.98	7	-	-	-	-	7
	28.04.99	29	-	1	-	-	28
Kaustinen	19.01.99	6	-	1	-	-	5
	09.06.99	16	2	-	-	-	14
Virrat	20.01.99	15	1	-	10	4	-
	04.06.99	20	1	-	-	-	19
Keuruu	21.01.99	29	3	7	-	-	19
	07.05.99	35	3	2	-	-	30
Valkeakos- kentie	02.02.99	27	-	-	-	-	27
	06.05.99	54	3	11	-	-	40
Alasentie	03.02.99	26	-	4	-	-	22
	05.05.99	44	5	14	-	-	25
Hämeen- linna	04.02.99	13	-	-	13	-	-
	04.05.99	22	2	-	-	-	20
Hämeen- kyrö-1	11.02.99	28	-	2	-	-	26
	02.06.99	22	-	2	-	-	20
Hämeen- kyrö-2	10.02.99	14	-	2	12	-	-
	03.06.99	27	-	8	-	-	19
Jämsä	12.02.99	17	6	7	4	-	-
	03.05.99	6	2	-	-	4	-
Yhteensä		457	28	61	39	8	321

Taulukko 9: Luokkaan 2 kuuluvat ajoneuvot, joita on käytetty nopeusanalyysissä.

Sijainti	Pvm.	Havaitut ajoneuvot	Pysähtyi tulokohd.	Nopeus alle 14 km/h	Epäsopiva tieto	Laskentaan sopimaton	Laskuissa käytetty
Muhos	02.12.98	17	2	-	-	-	15
	28.04.99	32	-	3	-	-	29
Kaustinen	19.01.99	14	1	2	-	-	11
	09.06.99	15	2	-	-	-	13
Virrat	20.01.99	15	1	-	11	3	-
	04.06.99	26	4	2	-	-	20
Keuruu	21.01.99	12	2	1	-	-	9
	07.05.99	27	2	3	-	-	22
Hämeen- linna	04.02.99	25	4	-	21	-	-
	04.05.99	30	1	1	-	-	28
Hämeen- kyrö-1	11.02.99	32	3	2	-	-	27
	02.06.99	42	-	7	-	-	35
Hämeen- kyrö-2	10.02.99	26	5	8	13	-	-
	03.06.99	49	2	-	-	-	47
Jämsä	12.02.99	26	6	13	7	-	-
	03.05.99	36	5	6	-	-	25
Yhteensä		424	40	48	52	3	281

4.2 Ajolinjojen analysointi

Kaikkien ajoneuvojen ajolinjat kirjattiin aiemmin kuvatulla tavalla. Henkilöauton ajolinjaa vastaava kiertoliittymän läpiajosäde (R) on laskettu jättämällä kiertotilan kavennus tarkastelun ulkopuolelle Kaustisella, Alasentiellä ja Jämsässä. Myös Hämeenlinnan kiertoliittymässä käytettiin korkeita reunatukia, mutta sitä ei ole huomioitu ajolinja-analyysiin vasemmalle kääntyvän liikenteen vuoksi. Kiertotilan kavennuksen reunatuet ovat 3 – 6 cm tien pintaa korkeammalla ja joissakin paikoissa myös teräväreunaisia. Koska oletettiin, että kuljettajat eivät miellä kiertotilan kavennusta ajoradan osaksi, sitä ei sisällytetty lainkaan kiertotilaan. Huomattiin, että kuljettavat ajavat yleensä mahdollisimman lähellä kiertotilan kavennusta. Kuva 17 esittää olosuhteita Hämeenlinnan kiertoliittymässä linja-auton ajaessa liittymän kautta.



Kuva 17: Kiertotilan kavennus Hämeenlinnan kiertoliittymässä.

Ajolinjat kesällä ja talvella eroavat huomattavasti toisistaan lähes jokaisessa liittymässä ja molemmissa ajoneuvoluokissa. Yleensä ajolinjat kulkivat talvella lähempänä kiertosaarekkeen reunatukia kuin kesällä. Luokan 1 ajoneuvojen ajolinjat kulkivat lähempää kiertosaarekettä kesällä Virroilla, Valkeakoskentiellä, Jämsässä ja Hämeenlinnassa. Luokassa 2 ajolinjat olivat kesällä lähempänä kiertosaarekettä Muhoksen, Virtain ja Hämeenlinnan kiertoliittymissä. Tallennettujen tietojen perusteella ajolinjat riippuvat henkilöautojen ajolinjaa kuvaavasta kiertoliittymän läpiajosäteestä (R) ja kiertotilan leveydestä (c). Molemmat tekijät vaikuttavat yhdessä ajoneuvojen ajolinjoihin, mutta kiertotilan leveydellä on suurempi merkitys. Verrattaessa Keuruun ja Valkeakoskentien kiertoliittymiä ajolinja on Valkeakoskentiellä lähempänä kiertosaarekettä. Henkilöauton ajolinjaa kuvaava kiertoliittymän läpiajosäde on molemmissa liittymissä 50 metriä, mutta Valkeakoskentiellä kiertotila on kapeampi kuin Keuruulla. Pienempi kiertoliittymän läpiajosäde ja kiertotilan leveys siirtäisi ajolinjoja lähemmäs kiertosaarekettä (liite 3).

Ajolinjan valinta riippuu tietenkin myös kuljettajan ajokäyttäytymisestä.

Käyttäytymistavat voidaan jakaa kahteen pääryhmään. Toiset kuljettajat käänsivät heti oikealle saapuessaan kiertoliittymään. Toiset kuljettajat taas ajoivat suoraan kiertosaarekkeen viereen ja ohjasivat sen jälkeen voimakkaasti oikealle. Kummassakaan ajotavassa ei ilmennyt vaikeuksia, mutta jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat ohittivat kiertosaarekkeen lähempää. Kuvat 18 ja 19 esittävät näitä tulotapoja Hämeenkyrö-1:n (Härkikuja) ja Hämeenlinnan kiertoliittymiin. Ajoneuvojen ajolinjojen tiivistelmät on esitetty taulukoissa 10 ja 11.



Kuva 18: Luokan 2 ajoneuvo saapuu Hämeenkyrö-1:n kiertoliittymään (Härkikujan liittymä).



Kuva 19: Luokan 2 ajoneuvo saapuu Hämeenlinnan kiertoliittymään.

Taulukko 10: Tiivistelmä tutkituista luokan 1 ajoneuvojen ajolinjoista.

Sijainti/ Pa- rametrit R, c (m)	Päiväys	Ajon.lkm.	Ajoneuvojen vähimmäisetäisyys kiertosaarekkeesta (%)				
			0- * piste	0-0.5 (m)	0.5-1.0 (m)	1.0-1.5 (m)	>1.5 (m)
Muhos/ (85, 10.1)	02.12.98	8	-	-	75	12.5	12.5
	28.04.99	31	-	-	32.3	29.0	38.7
Kaustinen/ (37, 7.6)	19.01.99	6	-	-	-	33.3	67
	09.06.99	23	-	-	-	-	100
Virrat/ (29, 6.5)	20.01.99	16	-	25	50	25	
	04.06.99	27	-	7.4	66.7	24.9	
Keuruu/ (50, 9.7)	21.01.99	22	-	-	-	36.4	63.6
	07.05.99	44	-	-	11.4	18.2	70.4
Valkea- koskentie/ (50, 7.0)	02.02.99	33	-	45.4	33.3	21.3	
	06.05.99	64	26.6	53.1	17.2	3.1	
Alasentie/ (29, 6.5)	03.02.99	38	5.3	79	15.7		
	05.05.99	58	-	62.1	32.7	5.2	
Hämeen- linna/ (-, 6.5)**	04.02.99	15	-	26.7/13.3	33.3/13.3	40/73.4	
	04.05.99	28	-	46.4/7.11	10.7/17.9	42.9/75	
Hämeen- kyrö-2/ (31, 6.2)	10.02.99	14	-	64.3	28.6	7.1	
	03.06.99	29	-	-	31	48.3	20.7
Hämeen- kyrö-1/ (42, 7.1)	11.02.99	35	2.9	51.4	45.7		
	02.06.99	32	-	-	40.6	50	9.4
Jämsä/ (29, 6.0)	12.02.99	20	-	-	5	50	45
	03.05.99	19	-	-	-	57.9	42.1

** Hämeenlinnan kiertoliittymässä tiedot kerättiin vasemmalle kääntyvästä liikenteestä. Taulukossa kuvatut arvot ovat piste 1 segmentti 2/piste 2 segmentti 2 ja piste 1 segmentti1/piste 2segmentti 1. Yksityiskohdat selviävät kuvasta 15.

* 0-piste tarkoittaa kiertosaarekkeen reunatukea, paitsi Hämeenlinnan tapauksessa kiertotilan reunatukea.

Taulukko 11: Tiivistelmä tutkituista luokan 2 ajoneuvojen ajolinjoista.

Sijainti/ Pa- rametrit R, c (m)	Päiväys	Ajon. lkm.	Ajoneuvojen vähimmäisetäisyys kiertosaarekkeesta (%)				
			0- * piste	0-0.5 (m)	0.5-1.0 (m)	1.0-1.5 (m)	>1.5 (m)
Muhos/ (85, 10.1)	02.12.98	16	-	-	75	18.8	6.2
	28.04.99	33	-	6.1	42.4	33.3	18.2
Kaustinen/ (37, 7.6)	19.01.99	17	-	-	-	70.5	29.5
	09.06.99	20	-	-	-	15	85
Virrat/ (29, 6.5)	20.01.99	15	-	86.7	13.3		
	04.06.99	31	16.1	45.2	25.8	15.9	
Keuruu/ (50, 9.7)	21.01.99	12	-	-	-	41.7	58.3
	07.05.99	33	-	-	3	24.2	72.8
Hämeen- linna/ (-, 6.5)**	04.02.99	23	-	43.5/2 1.7	17.4/8.7	38.7/69.6	
	04.05.99	34	2.9/-	41.2/1 7.6	32.4/8.8	26.4/73.6	
Hämeen- kyrö-2/ (31, 6.2)	10.02.99	26	-	53.8	19.2	27	
	03.06.99	57	-	3.5	38.6	54.4	3.5
Hämeen- kyrö-1/ (42, 7.1)	11.02.99	54	1.8	79.6	11.1	7.5	
	02.06.99	46	-	23.9	41.3	34.8	
Jämsä/ (29, 6.0)	12.02.99	29	-	-	3.4	80	16.6
	03.05.99	54	-	-	13	67.7	19.3

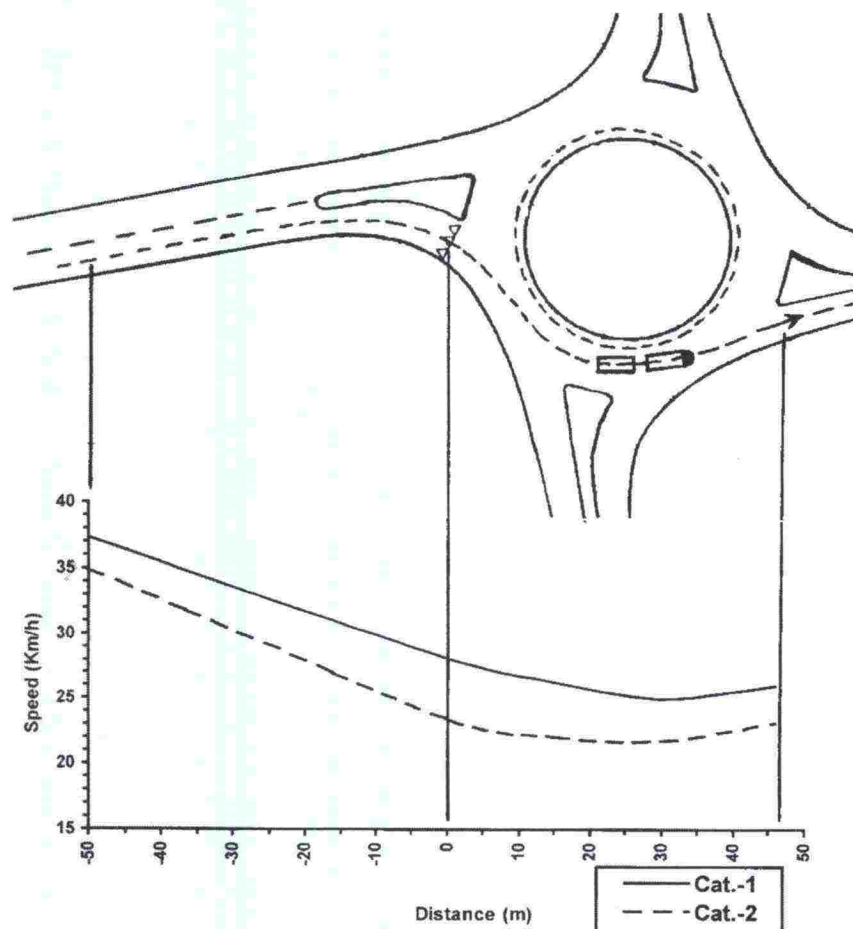
** Hämeenlinnan kiertoliittymässä tiedot kerättiin vasemmalle kääntyvistä liikenteestä. Taulukossa kuvatut arvot ovat piste 1 segmentti 2/piste 2 segmentti 2 ja piste 1 segmentti1/piste 2segmentti 1. Yksityiskohdat selviävät kuvasta 15.

* 0-piste tarkoittaa kiertosaarekkeen reunatukea, paitsi Hämeenlinnan tapauksessa kiertotilan reunatukea.

4.3 Ajonopeuden analysointi

Mitattuja nopeuksia tarkasteltiin normaalin kertymäfunktion avulla. Joidenkin kiertoliittymien tiedot olivat määrällisesti puutteellisia normaalijakaumalla käsiteltäviksi. Näissä tapauksissa nopeustiedot oletettiin kuitenkin normaalijakautuneiksi, jotta laskennat voitiin suorittaa. Nopeustiedot ja geometriset suunnitteluelementit testattiin tilastollisesti (liite 4).

Kaikissa tutkituissa kiertoliittymissä ajoneuvot joutuivat hidastamaan nopeutta kiertotilassa noin 22 – 26 kilometriin tunnissa. Virtain, Hämeenkyrö-1:n ja Jämsän kiertoliittymissä ajoneuvoluokan 2 keskinopeudet laskivat alle 20 kilometriin tunnissa, jota voidaan pitää liian hitaana kiertoliittymän läpiajoon. Kuva 20 esittää nopeusjakauman mallia 50 metrin etäisyydeltä kiertoliittymään ja kiertoliittymän läpi Muhoksen liittymässä talvella.



Kuva 20: Nopeusjakauma kiertotilassa sekä 50 metrin matkalla ennen kiertoliittymää Muhoksella talvella.

Korrelaatiotarkastelun mukaan ajoneuvojen kiertotilassa käyttämät nopeudet ovat verrannollisia kiertotilan leveyteen ja kiertoliittymän läpiajosäteeseen. Nopeudet kasvavat molempien parametrien kasvaessa. Kiertotilan leveyden vaikutus on talvella suurempi kuin kesällä luokan 1 ajoneuvoille. Luokan 2 ajoneuvojen osalta kiertotilan leveys näyttää vaikuttavan enemmän kesäaikaan. Kiertoliittymän läpiajosäde ei vaikuttanut talvella yhtä voimakkaasti ajoneuvoluokkien nopeuksiin kuin kesällä. Kiertoliittymän läpiajosäde vaikutti nopeuden kasvuun enemmän luokassa 1 kuin luokassa 2 kesällä. Kiertosaarekkeen halkaisijalla (16 – 40 m) oli negatiivinen vaikutus nopeuksiin molemmissa ajoneuvoluokissa. Kun halkaisija kasvaa, nopeus laskee kiertotilassa sekä kesällä että talvella molempien luokkien ajoneuvoilla. Korjauskertoimet on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12: Geometrysten parametrien ja nopeuden korrelaatiokertoimet kiertotilassa.

	Nopeudet talvella		Nopeudet kesällä	
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 1	Luokka 2
R	0.6004	0.2688	0.8281	0.6149
c	0.9587	0.6104	0.8578	0.6974
D	-0.6916	-0.2317	-0.6017	-0.5126

**
R = Kiertoliittymän läpiajosäde
c = Kiertotilan leveys
D = Kiertosaarekkeen halkaisija

Nopeuserot tulokohdan, poistumiskohdan ja kiertotilan välillä eivät olleet merkittäviä tutkituissa kiertoliittymissä. Ainoa poikkeus oli Jämsän kiertoliittymä, jossa keskinopeuden ero tulokohdan ja kiertotilan välillä oli jopa 6,7 km/h luokan 2 ajoneuvoille kesällä. Vaikka korrelaatiokertoimet eivät ole tilastollisesti kovin merkittäviä, *taulukko 13* osoittaa että nopeuksien aleneminen kiertotilan ja tulokohdan välillä kasvoi hieman kun kiertoliittymän läpiajosäde on pienempi.

Taulukko 13: Korrelaatiokertoimet geometrysten parametrien sekä tulokohdan ja kiertotilan välisen nopeuden alenemisen (km/h) välillä.

	Nopeuden aleneminen talvella		Nopeuden aleneminen kesällä	
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 1	Luokka 2
<i>kiertoliittymän läpiajosäde (R)</i>	-0.0640	-0.4148	-0.1925	-0.4750

Ajoreitti kiertoliittymän läpi tuntuu suoristuvan kiertoliittymän läpiajosäteen kasvaessa. Siten nopeus säilyi lähes samana kuin liittymään tultaessa. *Taulukoiden 14 ja 15* perusteella luokan 2 ajoneuvoilla näytti olevan enemmän vaikeuksia läpiajosäteeltään pienissä liittymissä kuin luokan 1 ajoneuvoilla.

Taulukko 14: Yhteenveto luokan 1 ajoneuvojen analysoidusta nopeuksista talvella ja kesällä.

Sijainti/ Kiertoliittymän läpiajosäde, R (m)	Pvm.	Keskinopeus ja keskihajonta (km/h)		Nopeus kiertotilassa (km/h)		
		Tulopiste	Poistumispiste	Keskiarvo	V ₈₅	V _{max}
Muhos/ 85	02.12.98	29.1/4.3	27.0/3.7	26.0 (25.5)	30.0	31.3
	28.04.99	27.8/4.3	27.3/3.9	25.7 (25.1)	29.7	32
Kaustinen/ 37	19.01.99	26.8/1.6	27.8/2.9	25.1 (24.9)	27.6	27.3
	09.06.99	26.6/5.4	24.6/1.7	22.2 (21.9)	25.2	26.8
Virrat/ 29	20.01.99	--	--	--	--	--
	04.06.99	21.7/3.0	--	21.3 (20.9)	24.1	25.5
Keuruu/ 50	21.01.99	29.6/3.7	27.1/4.4	26.2 (25.8)	29.9	37
	07.05.99	25.5/3.8	28.0/3.9	24.7 (24.3)	28.0	32
Valkeakosken- tie/ 50	02.02.99	23.9/3.7	23.7/2.8	21.7 (21.6)	23.3	24.9
	06.05.99	21.7/3.6	24.0/2.6	20.8 (20.5)	23.4	29.4
Alasentie/ 29	03.02.99	25.2/4.0	21.7/2.2	20.4 (20.2)	22.2	24.4
	05.05.99	24.7/4.0	23.9/3.3	21.0 (20.8)	23.2	26
Hämeenlinna/ -	04.02.99	23.7/5.1	26.4/3.6	--	--	--
	04.05.99	27.4/4.1	26.7/3.9	21.8 (21.5)	24.3	26.6
Hämeenkyrö-2/ 31	10.02.99	21.2/2.5	24.9/3.2	--	--	--
	03.06.99	25.1/3.7	29.4/4.1	22.6 (22.1)	26.2	28.1
Hämeenkyrö-1/ 42	11.02.99	22.5/3.0	22.9/2.9	20.9 (20.8)	22.7	26.0
	02.06.99	24.8/3.4	24.4/2.4	22.3 (21.9)	25.4	27.7
Jämsä/ 29	12.02.99	18.5/2.9	--	--	--	--
	03.05.99	21.7/2.5	--	--	--	--

* Nopeudet kiertotilassa ovat tulo- ja poistumispisteiden välillä mitattuja nopeuksia. Keskinopeussarakkeessa suluissa olevat luvut tarkoittavat harmonista keskiarvoa. Toinen luku tarkoittaa samoista nopeustiedoista saatua aritmeettista keskiarvoa.

Luokan 1 ajoneuvojen keskinopeudet kiertotilassa vaihtelivat 20,4 – 26,2 km/h. Vastaavasti nopeudet tulo- ja poistumiskohdissa olivat 18,5 – 29,6 km/h ja 20,5 – 29,4 km/h. Vastaavat arvot luokan 2 ajoneuvoille olivat 16,9 – 26,6 km/h ja 19,5 – 27,8 km/h. Kiertotilassa luokan 2 ajoneuvojen keskinopeudet olivat 14,5 – 22,7 km/h.

Taulukko 15: Yhteenvedo luokan 2 ajoneuvojen analysoiduista nopeuksista talvella ja kesällä.

Sijainti/ Kiertoliittymän läpiajosäde, R (m)	Pvm.	Keskinopeus ja keskihajonta (km/h)		Nopeus kiertotilassa (km/h)		
		Tulopiste	Poistumispiste	Keskiarvo	V ₈₅	V _{max}
Muhos/ 85	02.12.98	23.7/2.9	23.4/2.8	22.7 (22.3)	25.7	28.7
	28.04.99	22.9/3.8	22.6/3.0	21.4 (21.1)	24.0	29
Kaustinen/ 37	19.01.99	24.4/3.3	20.5/1.8	21.0 (20.7)	24.0	29.4
	09.06.99	26.0/3.9	22.8/3.2	20.8 (20.3)	24.2	25.4
Virrat/ 29	20.01.99	--	--	--	--	--
	04.06.99	22.1/3.6	--	18.5 (18.3)	20.5	21.4
Keuruu/ 50	21.01.99	25.8/5.5	22.9/3.9	20.7 (20.2)	24.5	29.0
	07.05.99	24.9/3.7	24.9/3.3	22.7 (22.5)	25.4	29
Hämeenlinna/ -	04.02.99	19.5/3.0	24.4/3.4	--	--	--
	04.05.99	26.7/4.7	25.8/3.1	21.5 (21.1)	24.5	27.8
Hämeenkyrö-2/ 31	10.02.99	19.5/3.5	19.6/2.3	--	--	--
	03.06.99	22.1/3.1	26.1/3.2	21.2 (20.9)	23.8	27.2
Hämeenkyrö-1/ 42	11.02.99	18.6/2.8	19.5/2.5	17.6 (17.5)	19.5	23.0
	02.06.99	24.5/4.1	21.5/2.9	20.1 (19.7)	23.2	27.2
Jämsä/ 29	12.02.99	16.9/3.3	--	--	--	--
	03.05.99	21.2/4.0	22.3/2.3	14.5 (14.4)	15.9	17

* Nopeudet kiertotilassa ovat tulo- ja poistumispisteiden välillä mitattuja nopeuksia. Keskinopeussarakkeessa suluissa olevat luvut tarkoittavat harmonista keskiarvoa. Toinen luku tarkoittaa samoista nopeustiedoista saatua aritmeettista keskiarvoa.

Tulosuunnan taivutus vaikutti ajonopeuksiin tulokohdassa. Tutkittujen kiertoliittymien pääsuuntien tulonopeudet analysoitiin käyttämällä korrelaatiota tulosuunnan taivutuksen kanssa. Korrelaatiokertoimesta nähdään, että tulosuunnan taivutuksella on negatiivinen vaikutus tulonopeuteen. Tulonopeudet laskivat tulosuunnan taivutuksen kasvaessa. Näiden kahden tekijän välinen suhde oli kesällä voimakkaampi kuin talviolosuhteissa. Taulukossa 16 on esitetty korrelaatiokertoimet kesä- ja talvinopeuksien sekä tulosuunnan taivutuksen välillä.

Taulukko 16: Korrelaatiokertoimet kesä- ja talvinopeuksien sekä tulosuunnan taivutuksen välillä.

	<i>Nopeus talvella</i>		<i>Nopeus kesällä</i>	
	<i>Luokka 1</i>	<i>Luokka 2</i>	<i>Luokka 1</i>	<i>Luokka 2</i>
<i>Tulosuunnan taivutus</i>	-0.5900	-0.4959	-0.8697	-0.7016

Liittymän lähestymisessä kummankaan luokan ajoneuvoilla ei esiintynyt vaikeuksia. Ajoneuvojen lähestymisnopeudet mitattiin 50 metriä ennen kiertoliittymän tulokohtaa. Mittauspisteessä keskinopeudet vaihtelivat 36,9 – 45,0 km/h luokan 1 ajoneuvoille ja 35,1 – 41,4 km/h luokan 2 ajoneuvoille. Erilaiset olosuhteet kesällä ja talvella eivät juurikaan vaikuttaneet lähestymisnopeuteen. Ainoa poikkeus oli Hämeenlinna, jossa keskinopeus oli 6 km/h suurempi kesällä kuin talvella luokassa 1 ja 8 km/h luokassa 2. Lähestymispisteessä useimmat ajoneuvot ajoivat nopeusrajoituksen mukaisesti. Luokan 2 ajoneuvot käyttivät pienempää nopeutta kuin luokan 1 ajoneuvot. Keskimääräiset lähestymisnopeudet eri kiertoliittymissä kesällä ja talvella on esitetty taulukossa 17.

Nopeudet kiertoliittymästä poistuttaessa riippuivat selvästi kiertotilassa käytetystä nopeudesta. Molemmissa ajoneuvoluokissa keskimääräinen poistumisnopeus oli hieman korkeampi kuin keskinopeus kiertotilassa. Kesäolosuhteissa poistumisnopeudet olivat hieman korkeampia kuin talvella. Onnettomuuksia tai vaaratilanteita aiheuttavia ongelmia ei esiintynyt liittymästä poistuttaessa, mutta talviolosuhteissa kiihdyttäminen tuotti hieman ongelmia liittymästä poistuttaessa. Syynä oli pakkaantunut lumi, joka teki tien pinnasta liukkaana.

Taulukko 17. Keskimääräiset lähestymisnopeudet eri kiertoliittymissä.

Sijainti	Tuloleveys (m)	Pvm.	Keskinopeus (km/h)	
			Luokka 1	Luokka 2
Muhos	4.3	02.12.98	37.7	35.1
		28.04.99	38.9	35.4
Kaustinen	3.6	19.01.99	42.2	40.0
		09.06.99	41.6	39.1
Virrat	4.5	20.01.99	45.0	41.4
		04.06.99	41.5	41.2
Keuruu	5.5	21.01.99	43.5	39.7
		07.05.99	40.1	38.0
Valkeakoskentie	4.3	02.02.99	37.3	--
		06.05.99	36.9	--
Alasentie	4.0	03.02.99	39.1	--
		05.05.99	40.0	--
Hämeenlinna	4.6	04.02.99	37.9	35.6
		04.05.99	43.9	43.6
Hämeenkyrö-2	4.3	10.02.99	39.4	38.1
		03.06.99	43.9	41.2
Hämeenkyrö-1	3.7	11.02.99	37.0	35.6
		02.06.99	40.3	39.2
Jämsä	4.6	12.02.99	38.3	38.8
		03.05.99	38.4	38.4
Keskiarvo kesällä			40.6	39.5
Keskiarvo talvella			39.7	38.0

5 KIERTOLIITTYMIEN AJOTAPATUTKIMUS

Kiertoliittymien ajotapatutkimus raskaille ajoneuvoille suoritettiin kuljettajille tehtynä haastattelututkimuksena loka – marraskuun vaihteessa 1999. Haastattelulomake on esitetty liitteessä 5. Tutkimukseen osallistui yhteensä 120 kuljettajaa Hämeenkyrön, Jämsän, Kaustisen ja Keuruun kiertoliittymissä. Haastateltujen kuljettajien määrä eri kiertoliittymissä on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18: Haastateltujen kuljettajien määrä kiertoliittymittäin.

LIITTYMÄ	KPL
Hämeenkyrö	35
Jämsä	35
Kaustinen	35
Keuruu	15

Tutkimuksessa ajoneuvot jaoteltiin ajoneuvotyypeittäin. Tarkastellut ajoneuvotyypit olivat:

1. Kuorma-auto ilman perävaunua (KAIP),
2. Moduuliajoneuvo (KAM), sisältää myös muut yli 24 m pitkät ajoneuvot,
3. Täysperävaunullinen kuorma-auto (KATP), sisältää myös puoliperävaunuyhdistelmän,
4. Linja-auto (LA),
5. Muut raskaat ajoneuvot ja ajoneuvoyhdistelmät.

5.1 Kiertoliittymässä ajaminen

Taulukossa 19 on esitetty, miten eri ajoneuvojen kuljettajat kokevat kiertoliittymässä ajamisen. Suluissa oleva luku tarkoittaa kyseisen ajoneuvoluokan prosenttiosuutta. Vaikeimmaksi kiertoliittymissä ajamisen kokevat moduulirekkojen sekä muiden täysperävaunullisten kuorma-autojen kuljettajat. Suurin osa perävaunuttomien kuorma-autojen sekä linja-autojen kuljettajista pitää kiertoliittymissä ajamista helppona.

Taulukko 19: Kiertoliittymissä ajamisen vaikeus ajoneuvotyypeittäin.

AJONEUVOTYYPPI	Vaikea (%)	Keskitaso (%)	Helppo (%)	yht.
KAIP	1 (5.0)	6 (30.0)	13 (65.0)	20
KAM	6 (40.0)	7 (46.7)	2 (13.3)	15
KATP	20 (30.3)	24 (36.4)	22 (33.3)	66
LA	1 (7.7)	3 (23.0)	9 (69.2)	13
Muu	2 (40.0)	1 (20.0)	2 (40.0)	5
yht	30	41	48	119
yht %	25.2 %	34.5 %	40.3 %	

5.2 Ajoreitti kiertoliittymässä

Kuljettajien käyttämät ajoreitit ajettaessa kiertoliittymässä suoraan eteenpäin selvitettiin kysymällä ajotapaa *liitteen 6* mukaisen kuvan avulla. Kuljettajalla oli vaihtoehtona kolme eri ajotapareittiä. Ajotapareitti A tarkoittaa ajotapaa, jossa ajetaan lähelle kiertosaarekkeen reunaa ja ohjataan ajoneuvo sen jälkeeseen oikealle kiertotilan ulkoreunaa kohti. Ajotapareitti C tarkoittaa ajotapaa, jossa ajoneuvo ohjataan oikealle heti kiertotilaan saavuttaessa. Ajotapareitti B on suorin mahdollinen reitti kiertoliittymän läpi. Kaikki moduulirekkojen kuljettajat sekä suurin osa muiden täysperävaunullisten kuorma-autojen kuljettajista käytti ajotapareittiä A. Perävaunuttomien kuorma-autojen yleisin ajotapa oli B. Linja-auton kuljettajat käyttivät yleisimmin ajotapaa oli C, mutta ajotavat A ja B olivat lähes yhtä suosittuja. Kuljettajien käyttämät ajotapareitit kiertoliittymässä on esitetty *taulukossa 20*. Suluissa oleva luku tarkoittaa kyseisen ajoneuvoluokan prosenttiosuutta.

Taulukko 20: Eri ajoneuvoluokkien käyttämät ajotapareitit.

AJONEUVOTYYPPI	A (%)	B (%)	C (%)	yht.
KAIP	1 (5.0)	12 (60.0)	7 (35.0)	20
KAM	14 (100.0)	0	0	14
KATP	44 (67.7)	14 (21.5)	7 (10.8)	65
LA	4 (30.8)	4 (30.8)	5 (38.5)	13
Muu	4 (80.0)	1 (20.0)	0	5
yht.	67	31	19	117
yht. %	57.3 %	26.5 %	16.2 %	

5.3 Ajamiseen vaikuttavat ongelmat kiertoliittymissä

Kuljettajilta tiedusteltiin kiertoliittymissä esiintyviä ajamiseen vaikuttavia suurimpia ongelmia. Liittymien ahtaus sekä reunatuet aiheuttivat ongelmia erityisesti suurimpien ajoneuvojen kuljettajille. Linja-auton kuljettajat pitivät suurimpana häirtä muiden kuljettajien käyttäytymistä, esimerkiksi virheelistä vilkun käyttöä. Kuorma-auton kuljettajien yleisin vastaus oli liittymien liukkaus talvella. Kuljettajien mielipiteet on esitetty *taulukossa 21*. Suluissa oleva luku tarkoittaa kyseisen ajoneuvoluokan prosenttiosuutta.

Taulukko 21: Kiertoliittymässä ajamiseen vaikuttavat suurimmat ongelmat eri ajoneuvoryhmissä.

Ajo- neuvo- tyyppi	Vauhdin alenta- minen	Vaihta- minen	Ohjaus- pyörän kääntä- minen	Liittymän jälkeinen kiihdytys	Ahtaus	Muiden käytös, mm. vilkun käyttö	Liukkaus	Reunakivi irti tai terävä	yht.
KAIP	3 (21.4)			1 (7.1)	1 (7.1)	3 (21.4)	6 (42.9)		14
KAM	1 (7.7)				5 (38.5)	1 (7.7)	2 (15.4)	4 (30.8)	13
KATP	5 (9.1)	1 (1.8)	2 (3.6)	5 (9.1)	26 (47.0)	6 (10.9)	5 (9.1)	5 (9.1)	55
LA			1 (16.7)	1 (16.7)	1 (16.7)	3 (50.0)			6
Muu					3 (75.0)			1 (25.0)	4
yht.	9	1	3	7	36	13	13	10	92
yht. %	9.8	1.1	3.3	7.6	39.1	14.1	14.1	10.9	

Kuljettajilta kysyttiin hankalimpia kiertoliittymiä joissa he ovat ajaneet. Useimmin esiin tulivat Hämeenkyrön, Kyröskosken sekä Kaustisen kiertoliittymät, jotka mainittiin yli kymmen kertaa. Kaikkiaan kuljettajat mainitsivat 39 paikkakuntaa, joissa sijaitsevia kiertoliittymiä he pitivät hankalina. Paikkakunnilla saattaa kuitenkin olla useita kiertoliittymiä, ja on mahdollista että saman paikkakunnan maininneet kuljettajat eivät ole aina tarkoittaneet samoja kiertoliittymiä. Yksittäisten kiertoliittymien lisäksi hankaliksi mainittiin myös paikkoja, joissa on useita peräkkäisiä kiertoliittymiä. Hankaliksi mainitut paikkakunnat on lueteltu *liitteessä 7*.

5.4 Reunatuet

Terävät tai korkeat reunatuet aiheuttavat raskaille ajoneuvoille ongelmia kiertoliittymissä. 49 kuljettajaa ilmoitti joskus ajaneensa kiertoliittymän reunatukiin, ja joissakin tapauksissa reunatukiin ajamisesta oli aiheutunut rengasrikkoja. Eniten reunatukikosketuksia oli ollut niissä kiertoliittymissä, jotka kuljettajat kokivat hankalimmiksi. *Taulukossa 22* on esitetty ajoneuvo- luokittain kiertoliittymät, joissa kuljettajilla on ollut reunatukikosketuksia. *Taulukko 23* esittää niitä ajoneuvojen kohtia, jotka ovat osuneet reunatukiin. Yleisimmin reunatukiin osuivat ajoneuvojen takarenkaat, hieman useammin ulko- kuin sisäkaarten puolella.

Taulukko 22: Kiertoliittymät, joissa ajoneuvoilla on ollut reunatukikosketuksia.

Kiertoliittymä	KAIP	KAM	KATP	LA	Muu	yht.
Hämeenkyrö		2	5			7
Juva			1			1
Jämsä	1	2	3			6
Kangasala				1	1	2
Kannus			1			1
Karstula			1		1	2
Kaustinen			8			8
Keuruu				2		2
Kyröskoski	1	1	3	3		8
Lapinlahti			1			1
Mänttä	1	1		1		3
Nummela		1				1
Orivesi			2			2
Oulu			1			1
Sievi		1				1
Säynätsalo			1			1
Turenki		1				1
Vammala			1			1
yht.						49

Taulukko 23: Reunatukiin ajaneiden ajoneuvojen kosketuskohta eri kiertoliittymissä.

Kiertoliittymä	Vasen etu	Vasen taka	Oikea taka	Oikea etu
Hämeenkyrö		4	3	
Juva			1	
Jämsä		3	2	
Kangasala			2	
Kannus			1	
Karstula	1	1		
Kaustinen		3	5	
Keuruu		2		
Kyröskoski	1	1	6	
Lapinlahti		1		
Mänttä		1	2	
Nummela		1		
Orivesi		1	1	
Oulu		1		
Sievi		1		
Säynätsalo			1	
Turenki			1	
Vammala			1	
Yht.	2	20	26	

48

Huom: Jokaisesta ajoneuvosta on valittu vain yksi kosketuskohta.

5.5 Liittymätyypit

Haastatelluista kuljettajista 36 piti valo-ohjattua liittymää parhaana liittymätyyppinä. Syinä mainittiin mm. selvemmät väistämissäännöt kiertoliittymiin verrattuna. 76 kuljettajan mielestä kiertoliittymä on parempi liittymätyyppi. Useat kuljettajat mainitsivat kuitenkin, että kiertoliittymä on parempi vain, jos se on riittävän suurikokoinen.

Kuljettajilta kysyttiin myös mielipidettä niistä kiertoliittymistä, joissa haastattelu tehtiin. Yli puolet vastaajista piti kyseistä kiertoliittymää keskimääräistä parempana, ja vain 5 % keskimääräistä huonompana. Kaikki, jotka pitivät kyseistä kiertoliittymää keskimääräistä huonompana, suhtautuivat kuitenkin kiertoliittymiin yleensä positiivisesti. Kuljettajien arviot niistä kiertoliittymistä, joissa tutkimus tehtiin, on esitetty taulukossa 24. Suluissa oleva luku tarkoittaa kyseisen kiertoliittymän prosenttiosuutta.

Taulukko 24: Kuljettajien mielipiteet tutkituista kiertoliittymistä verrattuna muihin kiertoliittymiin.

LIITTYMÄ	Parempi (%)	Keskiverto (%)	Huonompi (%)	yht.
Hämeenkyrö	22 (64.7)	11 (32.4)	1 (2.9)	34
Jämsä	12 (35.3)	18 (52.9)	4 (11.8)	34
Kaustinen	21 (60.0)	13 (37.1)	1 (2.9)	35
Keuruu	8 (66.7)	4 (33.3)	0	12
yht.	63	46	6	115
yht. %	54.80%	40.00%	5.20%	

5.6 Liittymien havaittavuus

Kuljettajat arvioivat tarkasteltujen kiertoliittyvien havaittavuutta sekä valoisana että pimeänä aikana. Kuljettajien arviot on esitetty *taulukoissa 25 ja 26*.

Taulukko 25: Kiertoliittymien havaittavuus valoisana aikana.

LIITTYMÄ	Hyvin	Huonosti
Hämeenkyrö	33	2
Jämsä	31	4
Kaustinen	32	1
Keuruu	14	

Taulukko 26: Kiertoliittymien havaittavuus pimeänä aikana.

LIITTYMÄ	Hyvin	Huonosti
Hämeenkyrö	28	6
Jämsä	28	6
Kaustinen	27	5
Keuruu	13	1

5.7 Ajokokemus

Haastateltujen kuljettajien raskaiden ajoneuvojen ajokokemus jakautui *taulukon 27* mukaan.

Taulukko 27: Kuljettajien ajokokemus.

Ajokokemus	kpl
alle 6 vuotta	26
6-15 vuotta	24
yli 15 vuotta	69

5.8 Kuljettajien asenne kiertoliittymiä kohtaan

Kaikista kuljettajista 62 % suhtautui kiertoliittymiin positiivisesti, 37 % neutraalisti ja 11 % negatiivisesti. Myönteisimmin kiertoliittymiin suhtautuivat linja-auton kuljettajat, joista 87,5 %:n kanta oli positiivinen, loput suhtautuivat kiertoliittymiin neutraalisti. Kielteisimmin kiertoliittymiin suhtautuvat ne kuljettajat, jotka kokevat kiertoliittymässä ajamisen vaikeaksi, sekä ne, jotka pitävät valo-ohjattua liittymää parempana vaihtoehtona kuin kiertoliittymää. Kaikki kiertoliittymiin negatiivisesti suhtautuvat olivat suurimpien ajoneuvotyyppien kuljettajia (liite 8). Kuljettajien ajotavalla ei ole juurikaan vaikutusta asenteeseen. Ne kuljettajat, joilla oli ollut reunatukikosketuksia, suhtautuivat kiertoliittymiin yleensä hieman kielteisemmin kuin ne, jotka eivät olleet ajaneet reunatukiin.

Kuljettajien asenne kiertoliittymiin yleensä ajokokemuksen mukaan on esitetty *taulukossa 28*. Kokemuksen lisääntyessä asenne muuttuu hieman myönteisemmäksi kiertoliittymiä kohtaan.

Taulukko 28: Kuljettajien asenne kiertoliittymiin ajokokemuksen mukaan.

Ajokokemus	positiivinen	neutraali	negatiivinen
alle 6 vuotta	14	10	2
6-15 vuotta	12	9	3
yli 15 vuotta	41	21	7
yht.	67	40	12

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tässä tutkimuksessa arvioitiin raskaiden ajoneuvojen toimintaa tarkastelluissa kiertoliittymissä. Tulosten mukaan kiertoliittymissä kaikki kuljettajat joutuvat rajoittamaan nopeuttaan, mutta toisaalta kaikki ajoneuvot pystyvät liikkumaan turvallisesti ja sujuvasti liittymän läpi kaikkiin ajosuuntiin.

Ajolinjat erosivat huomattavasti toisistaan kesä- ja talviolosuhteissa ja ajolinjat kulkivat talvella lähempänä kiertosaarekkeen reunatukea kuin kesällä. Useimmat kuljettajat pyrkivät ajamaan mahdollisimman suoraan välttääkseen ajoneuvon takapään epämukavan luistamisen. Talvella kiertosaarekkeen reunatuki ei erottunut tarpeeksi kasaantuneen lumen johdosta. Valittu ajolinja näyttää riippuvan myös kiertoliittymän geometriasta. Ajolinjat riippuvat kiertotilan leveydestä sekä kiertoliittymän läpiajosäteestä. Tutkittujen kiertoliittymien kiertosaarekkeiden halkaisijat vaihtelivat 16:sta 40 metriin. Kiertosaarekkeen suurempi halkaisija johti alhaisempiin ajonopeuksiin, sillä sisääntulon taivutus ja suurempi kiertosaarekkeen säde yhdessä merkitsevät ”jyrkempää kääntöä” sisääntulossa ja siten pienempää kiertoliittymän läpiajosädettä.

Tutkituissa kiertoliittymissä sisääntulon taivutus sisääntulossa tuntui laskevan nopeuksia suuremmasta kiertosaarekkeesta huolimatta. Valitut ajolinjat olivat kesällä lähempänä kiertosaarekettä Kangasalla ja Hämeenkyrössä. Ajolinjat olivat kauimpana kiertosaarekkeesta Jämsän kiertoliittymässä, mutta kuitenkin nopeus kiertotilassa oli alhaisempi. Kiertotilan kavennuksen rakenne lienee yksi syy ajokäyttäytymiseen kiertoliittymässä. Jämsässä kiertotilan kavennuksen reunatuki oli noin 5 cm tien pintaa ylempänä, joten sitä ei ollut miellyttävä ylittää. Ajoneuvot ajoivat mahdollisimman läheltä kiertotilan kavennusta ylittäessään liittymää. Kiertotilan kavennuksen rakenne oli Kaustisella ja Kangasalla (Alasentiellä) lähes samanlainen. Vaikka Kaustisella kiertotilan kavennuksen reunatuki oli hieman viisto, ei sitä ylitetty koska se oli riittävän korkealla tien pinnasta. Alasentiellä jotkut ajoivat kavennuksen yli, koska kiertotila oli kapeampi ja kiertoliittymän läpiajosäteen arvo pienempi. Kuvat 21 ja 22 esittävät kiertotilan kavennusta Jämsässä ja Kaustisella.



Kuva 21: Kiertotilan kavennuksen rakenne Jämsän kiertoliittymässä.



Kuva 22: Kiertotilan kavennuksen rakenne Kaustisen kiertoliittymässä.

Tulokohdassa keskinopeudet vaihtelivat luokassa 2 16,9 – 26,7 km/h ja luokassa 1 18,5 – 26,9 km/h. Alhaisia nopeuksia (alle 20 km/h) esiintyi Jämsässä (16,9 km/h), Hämeenkyrö-1:ssä (Härkikuja) (18,6 km/h), Hämeenkyrö-2:ssa (Esso) ja Hämeenlinnassa (19,5 km/h) luokan 2 ajoneuvoille. Alhaisia ajoneuvoluokan 1 nopeuksia (alle 20 km/h) esiintyi vain Jämsässä (18,5 km/h). Alle 20 km/h nopeuksia esiintyi ainoastaan talvella. Joissakin tapauksissa liukkaalla tiellä oli vaikeuksia jarruttaa ja pysäyttää tai antaa tilaa muille tienkäyttäjille. Pieniä nopeuseroja talvi- ja kesäolosuhteiden välillä mitattiin kaikissa kiertoliittymissä. Tulosuunnan taivutuksella oli negatiivinen vaikutus tulo nopeuksiin, eli nopeudet tulosuunnalla laskivat taivutuksen kasvaessa. Vaikutus oli suurempi kesäolosuhteissa kuin talvella, koska talvella ajolinja oli suurempi kuin kesällä kasaantuneen lumen ja muiden olosuhdetekijöiden vuoksi.

Ajonopeudet kiertotilassa eivät vaihdelleet merkittävästi talvi- ja kesäolosuhteiden välillä. Joissakin kiertoliittymissä kesänopeudet olivat jopa hieman alhaisempia kuin talvinopeudet. Talvella kuljettajien oli hankala hahmottaa kiertoliittymän ajoradan reunaa kasaantuneen lumen takia. Alhaisin mitattu nopeus kesällä oli 20,4 km/h Kangasalla Alasentien kiertoliittymässä luokan 1 ajoneuvoille. Vastaavasti luokan 2 ajoneuvoille alhaisin nopeus mitattiin kesällä 14,5 km/h Jämsässä. Nopeudet kiertotilassa olivat suoraan verrannollisia kiertotilan leveyteen ja kiertoliittymän läpiajosäteeseen. Nopeudet nousivat, jos näiden molempien parametrien arvot kasvoivat.

Nopeudet kiertoliittymästä poistuttaessa riippuivat selvästi kiertotilassa käytetyistä nopeuksista. Keskinopeudet poistumispisteessä olivat hieman korkeampia kuin kiertotilassa. Näiden kahden mitatun nopeuden muutokset todistavat, että kiertoliittymät toimivat suunnitelmien mukaan. Nopeudet poistumispisteessä olivat kesällä hieman korkeampia kuin talvella, johtuen selvästi tien pinnan liukkaudesta.

Kiertoliittymät vähentävät tehokkaasti jonotusaikoja sivusuunnalla perinteisiin liittyisiin verrattuna. Viiveitä esiintyy, kun sivusuunnan liikennevirta odottaa sopivaa väliä liittymistoimintoon. Tässä tutkimuksessa tutkittiin 881 raskasta ajoneuvoa kiertoliittymissä. Vain 68 ajoneuvon täytyi pysähtyä kiertoliittymään tultaessa ja 109 joutui hidastamaan nopeutensa alle 14 km/h. Valo-ohjatussa nelihaaraliittymässä yleensä melkein puolet päävirrassa ajavista joutuu pysähtymään, sekä vasemmalle kääntyvät ja sivuvirrassa ajavat joutuvat odottamaan melkein aina. Täten kiertoliittymä vähentää yleensä kokonaisodotusaikaa, mutta saattaa joissakin tapauksissa lisätä hieman pääsuunnan odotusaikaa. Kokonaisodotusajan väheneminen johtaa yleensä välityskyvyn kasvuun.

Voidaan sanoa, että kiertoliittymät ovat turvallisia ja toimivia. Välityskyvyn lisäämiseksi seuraavia kysymyksiä tulisi vielä harkita.

1. Hämeenlinnan, Kangasalan, Kaustisen ja Jämsän kiertoliittymissä kiertotilan kavennuksen rakenne ei ollut tarpeeksi miellyttävä. Kiertotilan korotettu ja kalteva mukulakivipäällyste Kangasalla ja Kaustisella voidaan korvata vähemmän karkeapintaisella materiaalilla, kuten noppakivillä tai kivilaatoilla. Se helpottaa raskaan liikenteen kuljettajia ajamaan kavennuksen yli mukavammin, mutta ehkäisee edelleen henkilöautojen kuljettajia ajamasta niiden yli. Kavennuksen kaltevuus voidaan säilyttää tiehen nähden poikkeavana. Tarkoituksenmukaista olisi suunnitella kiertotilan kavennus kokonaan ilman korkeita reunatukia. Kuva 23 esittää hyvää kiertotilan kavennuksen rakennetta Hämeenkyrössä. Kuvassa 24 on kaksi esimerkkiä hyvin toimivista tanskalaisista kiertotilan kavennuksen rakenteista.



Kuva 23: Kiertotilan kavennuksen rakenne Hämeenkyrössä.



Kuva 24: Tanskassa käytettyjä kiertotilan kavennuksia.

2. Kiertoliittymän läpiajosäteen kaarevuus vaikuttaa sekä nopeuksiin että ajomukavuuteen kiertoliittymässä. Liian pieni läpiajosäde (alle 35 m) osoittautui epämukavaksi. Se saattaa myös lisätä renkaiden luisuttamisen riskiä ja siten vaikeuttaa ajoneuvon hallintaa kiertotilassa. Kiertosaarekkeen tai kiertotilan kavennuksen uudistamisella voidaan parantaa tilannetta. Hämeenlinnan, Kangasalan (Alasentie), Kausti-

sen ja Jämsän kiertoliittymissä kiertoliittymän läpiajosädettä voidaan kasvattaa muuttamalla pelkästään kiertotilan kavennuksen rakennetta.

3. Talviolosuhteissa kiertoliittymän havaittavuus oli huonompi kuin ke-sällä. Pääsyyinä tähän oli liittymään kasaantunut lumi. Hyvä näkyvyys auttaisi kuljettajia huomamaan liittymän aikaisemmin. Myös rakenteellisten ratkaisujen pitäisi olla helposti havaittavia, jotta kuljettajat saisivat tietoa kiertoliittymän ajoa rajoittavista alueista. Sopivat valaistusjärjestelyt ja muu varustus parantaisi koko kiertoliittymän havaittavuutta.
4. Kiertoliittymät pitäisi suunnitella talvikunnossapidon kannalta riittävän helpoiksi. Jos kiertotila on kapea ja lunta ja jäätä on kasaantunut ulomman reunatuen viereen, voivat linja-autojen puskurit vaurioitua. Mukulakivet kiertotilan kavennuksessa vaikeuttavat kunnossapitoa, lisäävät lumen kertymistä ja siten pienentävät kiertotilan leveyttä. Myös kiertotilan kavennus tulee liukkaammaksi. Mukulakivet voidaan korvata muilla materiaaleilla.
5. Talvikunnossapitoon ja liukkaudentorjuntaan pitäisi kiinnittää enemmän huomiota tulokohdassa, kiertotilassa ja myös poistumissuunnassa. Se helpottaa pitkien, raskaiden ajoneuvojen läpikulkua kiertoliittymässä.
6. Joissakin tapauksissa kiertoliittymiä ei ole rakennettu suunnitteluohjeiden mukaisesti (vertaa *taulukko 6* ja *suunnitteluohjeet*). Tutkitujen kiertoliittymien kiertotilan leveys oli yleensä pienempi verrattuna suunnitteluohjeen ohjearvoihin.

Tulosten mukaan kiertoliittymän suunnittelu on vuorovaikutteinen prosessi, jossa vaaditaan käytännöllisiä ja yleisiä teknisiä taitoja. Tämä alustava tutkimus kiertoliittymien toimivuudesta raskaille ajoneuvoille osoittaa, että ajokäyttäytymisessä on suunnitteluyksityiskohdista ja olosuhteista johtuvia eroja, mutta joitakin näistä voidaan vähentää kehittämällä suunnitteluparametrejä.

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajat suhtautuvat kiertoliittymiin pääosin positiivisesti. Kiertoliittymissä ajaminen on hankalinta moduulirekkojen ja muiden täysperävaunullisten kuorma-autojen kuljettajille. Linja-auton ja perävau-nuttoman kuorma-auton kuljettajat kokevat kiertoliittymissä ajamisen helpommaksi.

Haastattelussa kuljettajilta kysyttiin myös kuljettajan käyttämää ajoreittiä kiertoliittymässä. Kuljettajien käyttämät ajoreitit jaettiin kolmeen eri ajotapareittiin. Ajotapareitti A tarkoittaa ajotapaa, jossa ajetaan lähelle kiertosaarek-

keen reunaa ja ohjataan ajoneuvo sen jälkeen oikealle kiertotilan ulkoreunaa kohti. Ajotapareitti C tarkoittaa ajotapaa, jossa ajoneuvo ohjataan oikealle heti kiertotilaan saavuttaessa. Ajotapareitti B on suurin mahdollinen reitti kiertoliittymän läpi. Moduuli- ja muut perävaunulliset kuorma-autot käyttivät kiertoliittymissä yleisimmin ajotapareittiä A, joka joidenkin kuljettajien kommenttien mukaan on ainoa keino päästä ahtaiden kiertoliittymien läpi. Pienempien ajoneuvojen kuljettajien keskuudessa myös muut ajotavat olivat suosittuja. Linja-auton kuljettajat käyttivät yleisesti kaikkia ajotapoja. Perävaunuttomien kuorma-autojen kuljettajat käyttivät yleisimmin ajotapaa B, mutta myös ajotapa C oli suosittu.

Linja-auton kuljettajat pitivät muiden kuljettajien käyttäytymistä kiertoliittymissä ongelmallisimpana. Perävaunuttomille kuorma-autolle tuotti eniten hankaluuksia liittymien liukkaus talvella. Kiertoliittymän geometriasta johtuvat seikat, kuten liittymän ahtaus tai reunatuet, olivat moduulirekkojen sekä muiden perävaunullisten kuorma-autojen kuljettajien suurimpia ongelmia kiertoliittymissä. Reunatukiin ajaminen oli pahimmissa tapauksissa aiheuttanut rengasrikkoja. Tavallisimmin reunatukiin osuivat ajoneuvon takarenkaat.

Suurin osa kuljettajista piti kiertoliittymää parempana vaihtoehtona kuin valo-ohjattua liittymää. Ne, jotka pitivät valo-ohjattua liittymää parempana, suhtautuivat kiertoliittymiin yleensä kielteisemmin. Kiertoliittymiin negatiivisesti suhtautuvat olivat suurimpien ajoneuvojen kuljettajia. Kielteisesti kiertoliittymiin suhtautuvat kokivat kiertoliittymässä ajamisen muita kuljettajia hankalammaksi. He nimesivät myös useampia kiertoliittymissä esiintyviä ongelmia kuin muut kuljettajat. Kuljettajien ajokokemuksella ei juurikaan ollut vaikutusta kuljettajien asenteeseen. Asenne kiertoliittymiä kohtaan muuttuu hiekan positiivisemmaksi kokemuksen lisääntyessä.

7 KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Tielaitos, Helsinki. Kiertoliittymät. (<http://www.tieh.fi>)
- /2/ Tielaitos, Tiehallitus, Helsinki 1992. Kiertoliittymät, Suunnitteluohje. ISBN 951-47-6854-X, TIEL 2130010.
- /3/ University of Lund, Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund 1992. Roundabouts in Switzerland and Sweden. ISSN 0286-7394.
- /4/ Tielaitos, Helsinki. Tielaitoksen selvityksiä 23/1992. Kiertoliittymän liikenteelliset vaikutukset. Ennen-jälkeen tutkimus Lammin liittymässä. ISBN 951-47-4394-6, ISSN 0788-3722, TIEL 32000106
- /5/ FinnRA, Finnish National Road Administration, Helsinki 1998. Impact of heavy vehicles on Finnish freeway traffic flow. (FinnRA reports 11/1998). ISBN 951-726-413-5.
- /6/ Tielaitos, Helsinki. Tielaitoksen selvityksiä 23/1991. Kiertoliittymät ja niiden välityskyky. ISBN 951-47-4394-6, ISSN 0788-3722, TIEL 3200022.
- /7/ Transportation quarterly. Volume XLII, number 4, October 1988.
- /8/ NCHRP synthesis 264. Modern roundabout practice in the United States. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1998.
- /9/ Transport Research Record No. 1579. Geometric design and its effects on operations. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1997.
- /10/ Liimatainen, A. Kiertoliittymät Suomessa. Tielaitos, tie- ja liikennetekniikka, Helsinki 1997.
- /11/ Leif Ourstone, P. E. February 26, 1996. Ourstone and Doctors, Modern roundabout Interchanges. Comparative Safety of Modern Roundabouts and Signalized Cross Intersections. (<http://www.roundabouts.com/safety.html>).
- /12/ Road safety in Sweden, Swedish Engineering 1987. The Swedish Society of Civil engineers, Stockholm, Sweden. ISSN 0348-8438.
- /13/ H. Å. Cedersund, Traffic Safety at Roundabouts. Intersections without Traffic Signals, 1988.

- /14/ Tielaitos, Kehittämiskeskus, Helsinki 1996. Tietoa tiesuunnitteluun, nro 23.
- /15/ Vägverket. Vägutforming 94, Del 7 Korsningar. Publikation 1994:053.
- /16/ Vägverket. TS-Effekter I Cirkulationsplatser I Höghastighetsmiljö. Publikation 1997:70.
- /17/ Oksanen, R. Perävaunut kuljetusten kokonaistaloudessa. Kuljetus 6/75.
- /18/ Geometric Design of Roundabouts, Design Manual for Roads And Bridges, September 1993.
- /19/ Salo, J. The user opinions and their experiences of using roundabouts. University of Oulu, Road and Transport Laboratory, Finland 1995
- /20/ Traffic Engineering Control, Vol. 34 No. 2, February 1993. The use of Road safety Audits in Great Britain.

8 LIITTEET

Liite 1 – Ohjaamon lyhennys ja pyöristys kiertotilassa.

Liite 2 – Valittujen kiertoliittymien sijainti.

Liite 3 – Tyypillinen ajolinja Hämeenlinnan kiertoliittymässä.

Liite 4 – Tutkittujen kiertoliittymien nopeusjakauman kertymäfunktiot.

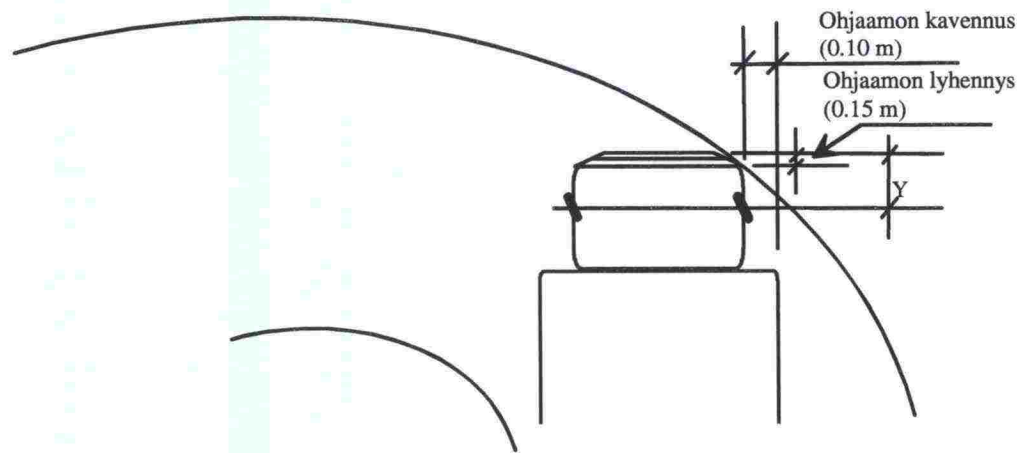
Liite 5 – Kiertoliittymän ajotapatutkimus.

Liite 6 – Kuljettajien valitsemat ajoreittivaihtoehdot kiertoliittymissä.

Liite 7 – Kuljettajien hankaliksi mainitsemat kiertoliittymät.

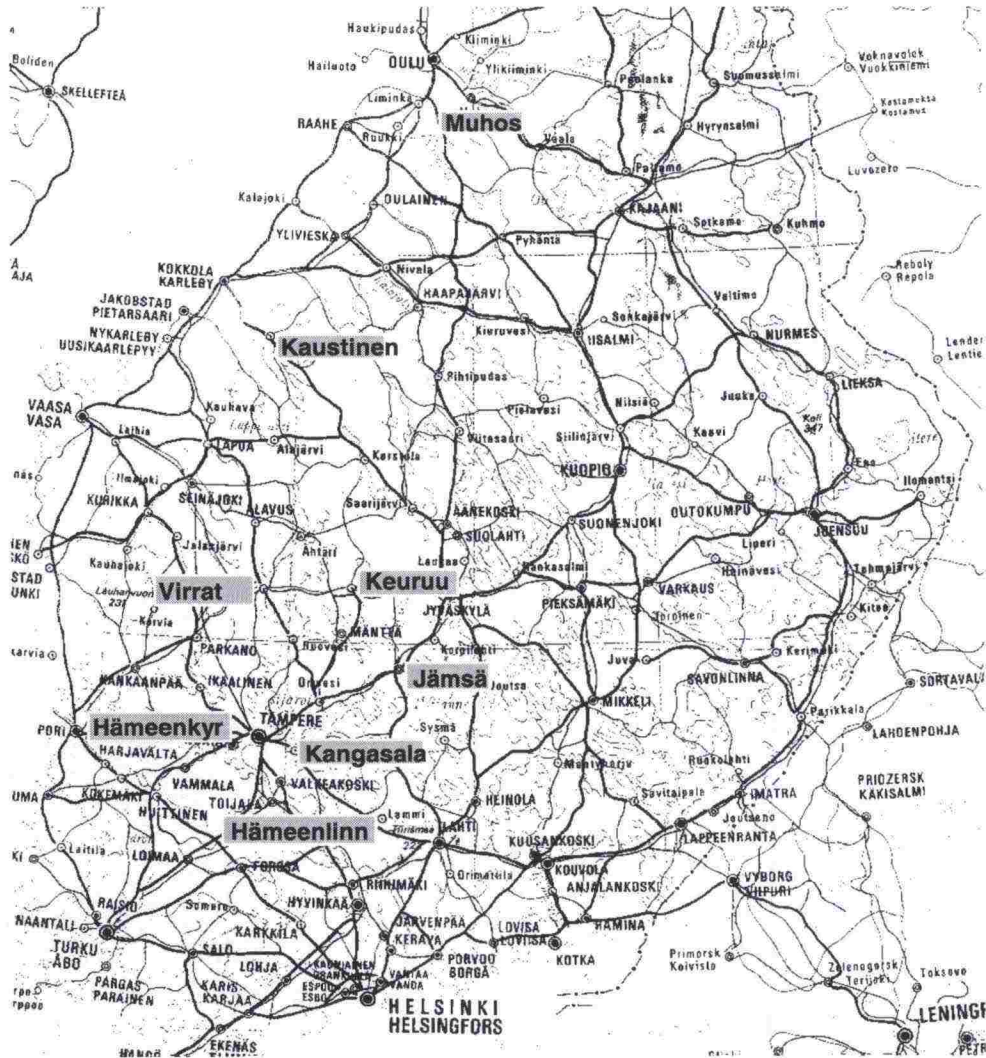
Liite 8 – Kiertoliittymiin negatiivisesti suhtautuvien kuljettajien vastaukset ajotapatutkimukseen.

OHJAAMON LYHENNYS JA PYÖRISTYS KIERTOTILASSA



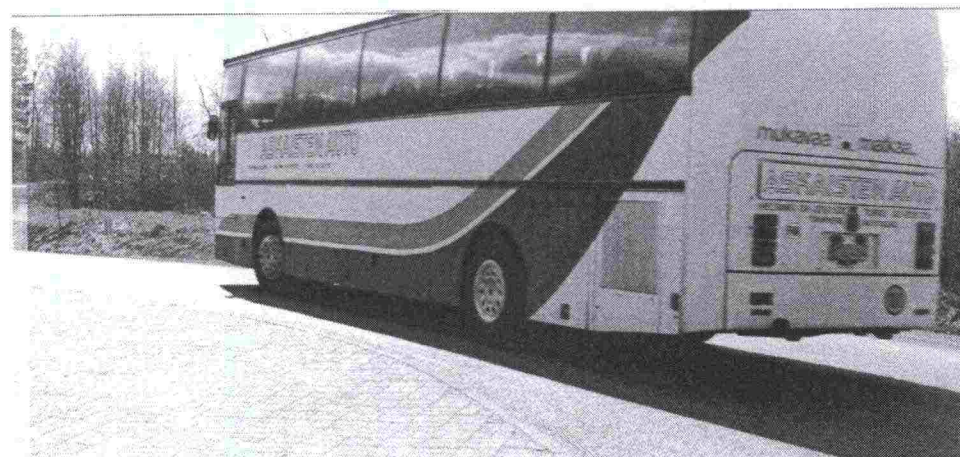
Kuva 1: Ohjaamon pyöristyksen aiheuttama ohjaamon kavennus ja lyhennys.

VALITTUJEN KIERTOLIITTYYMIEN SIJAINTI



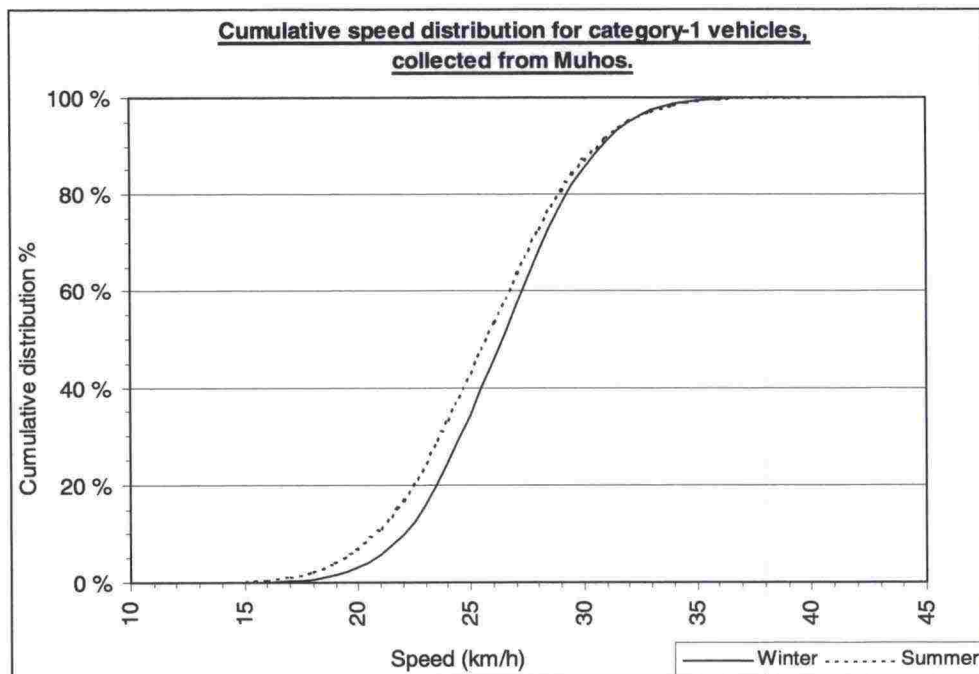
Kuva 2: Valittujen kiertoliittymien sijainti.

TYYPILLINEN AJOLINJA HÄMEENLINNAN KIERTOLIITTYMÄSSÄ

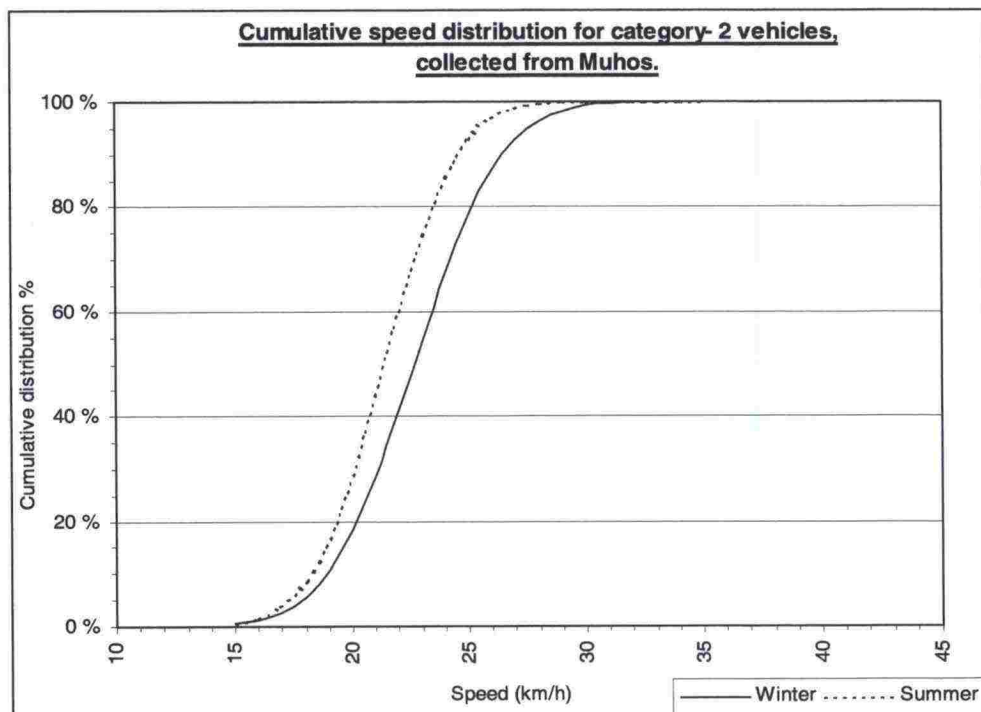


Kuva 3: Tyypillinen ajolinja Hämeenlinnan kiertoliittymässä ajettaessa suoraan kiertoliittymän läpi.

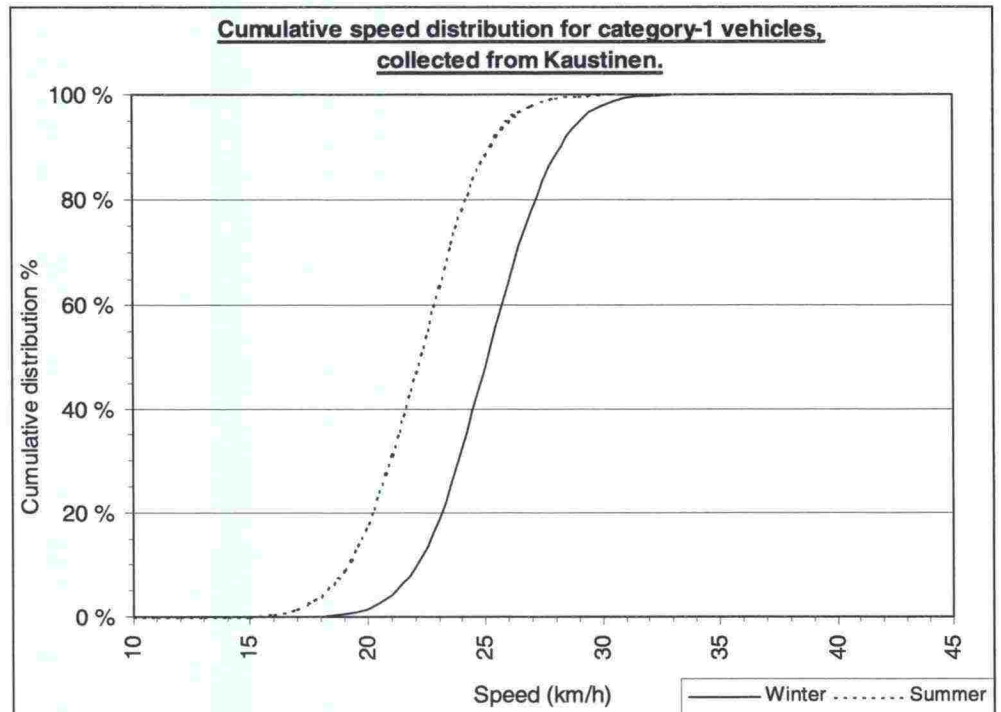
TUTKITTUJEN KIERTOLIITTUMIEN NOPEUSJAKAUMAN KERTYMÄFUNKTIO



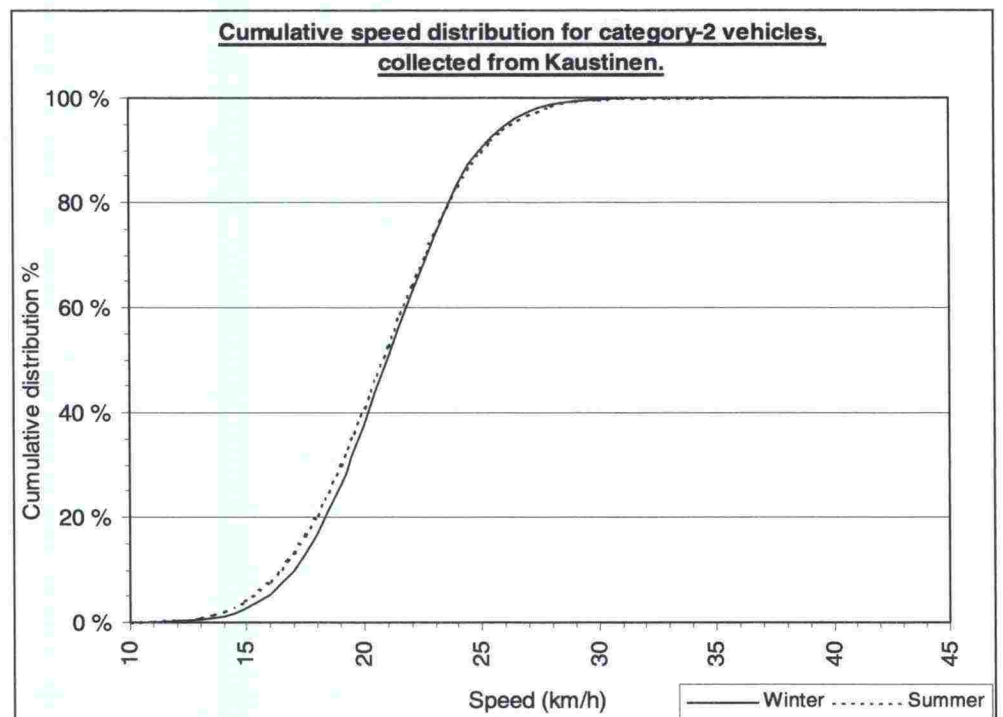
Kuva 4.1: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Muhoksella.



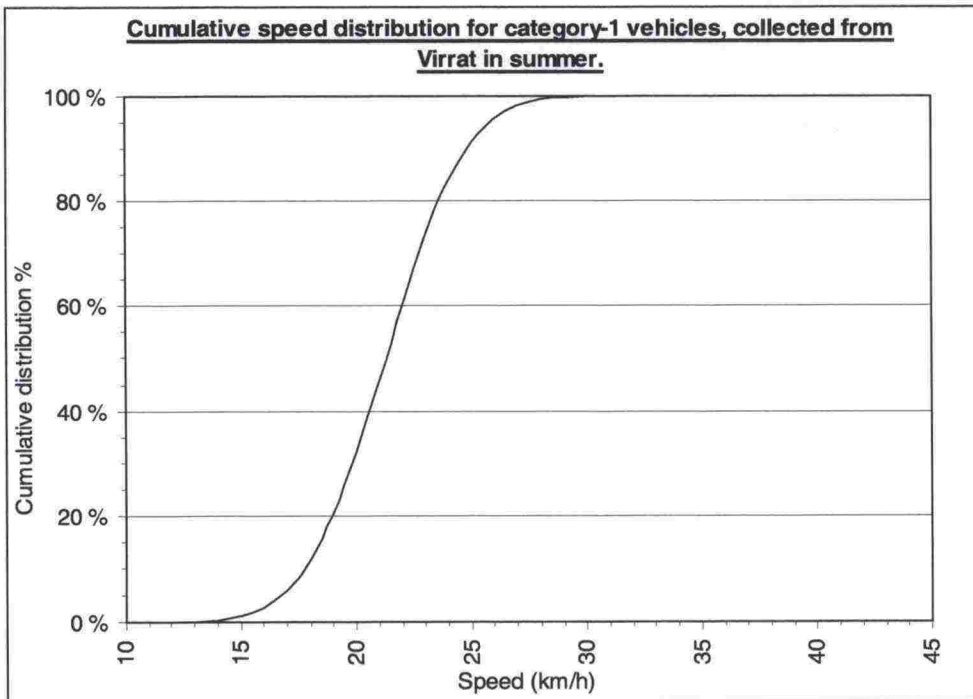
Kuva 4.2: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Muhoksella.



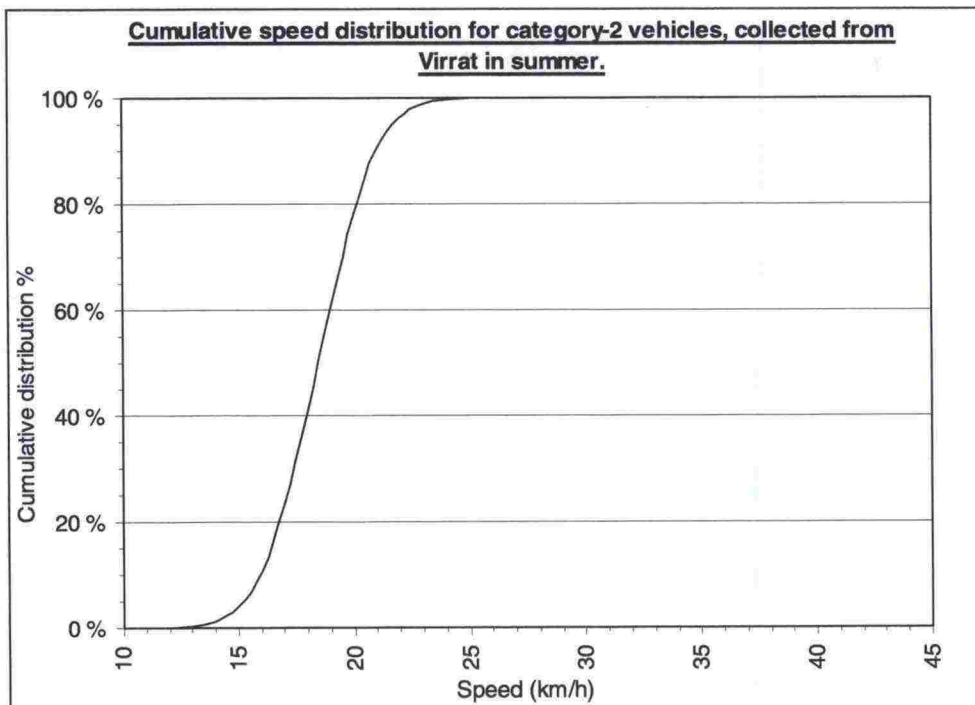
Kuva 4.3: Nopeusjakauman kertymäfunktiot luokan 1 ajoneuvoille Kaustisella.



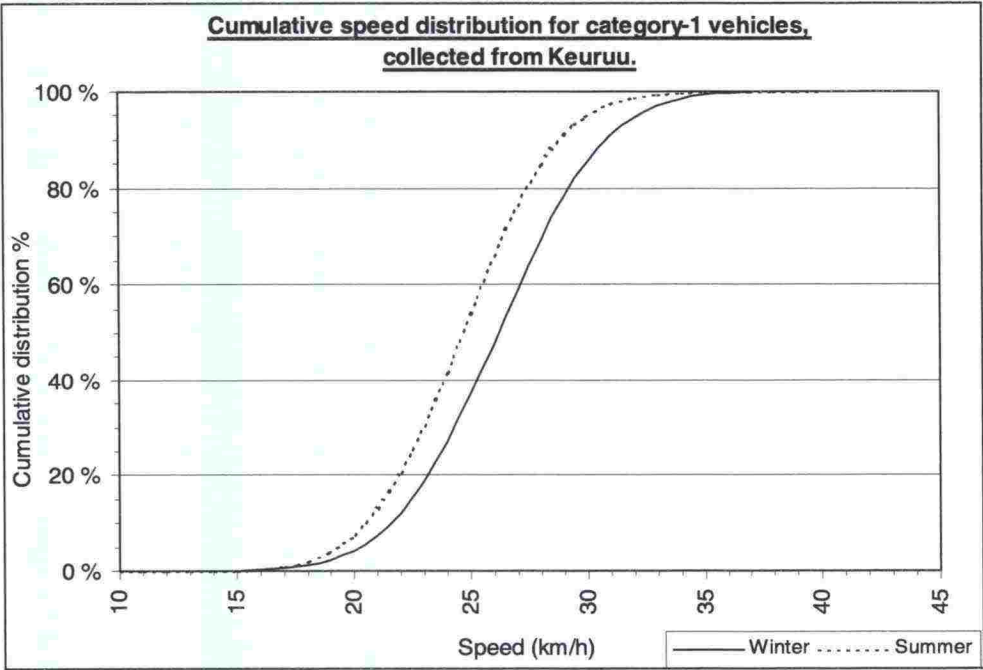
Kuva 4.4: Nopeusjakauman kertymäfunktiot luokan 2 ajoneuvoille Kaustisella.



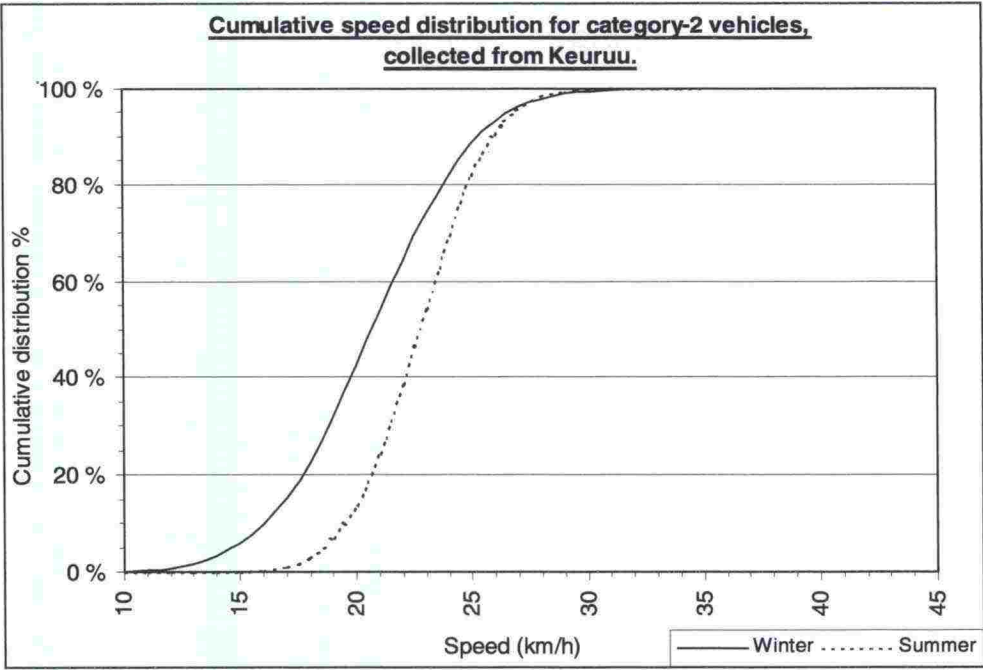
Kuva 4.5: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Virroilla.



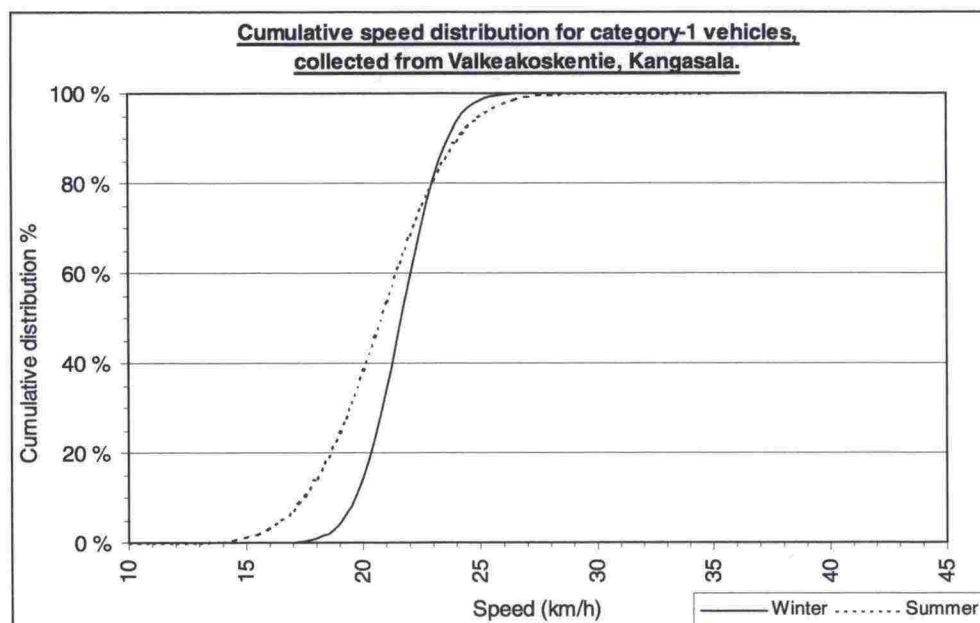
Kuva 4.6: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Virroilla.



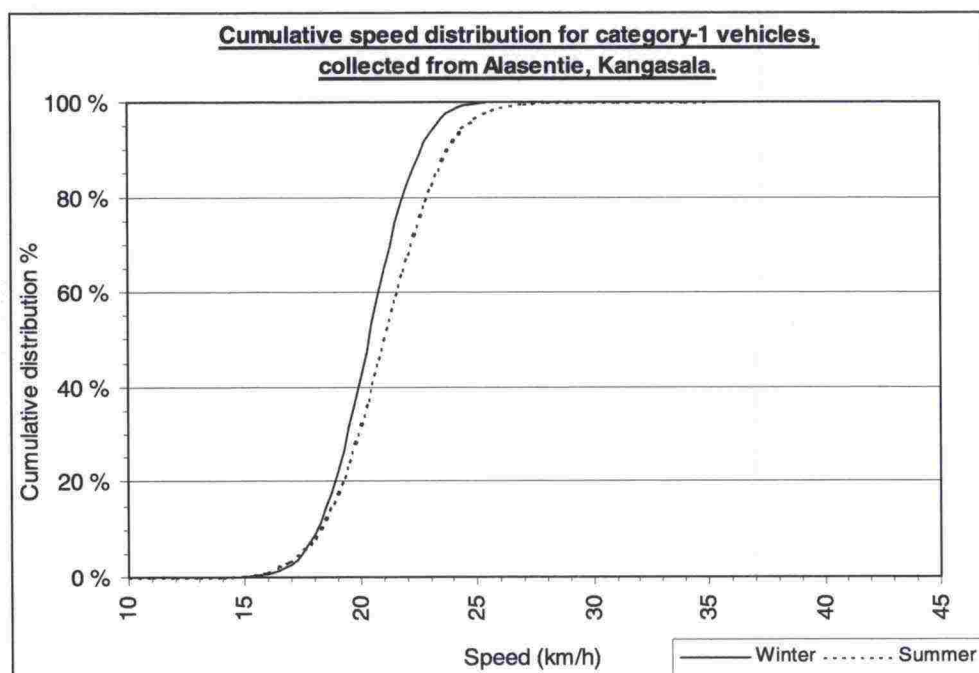
Kuva 4.7: Nopeusjakauman kertymäfunktiot luokan 1 ajoneuvoille Keuruulla.



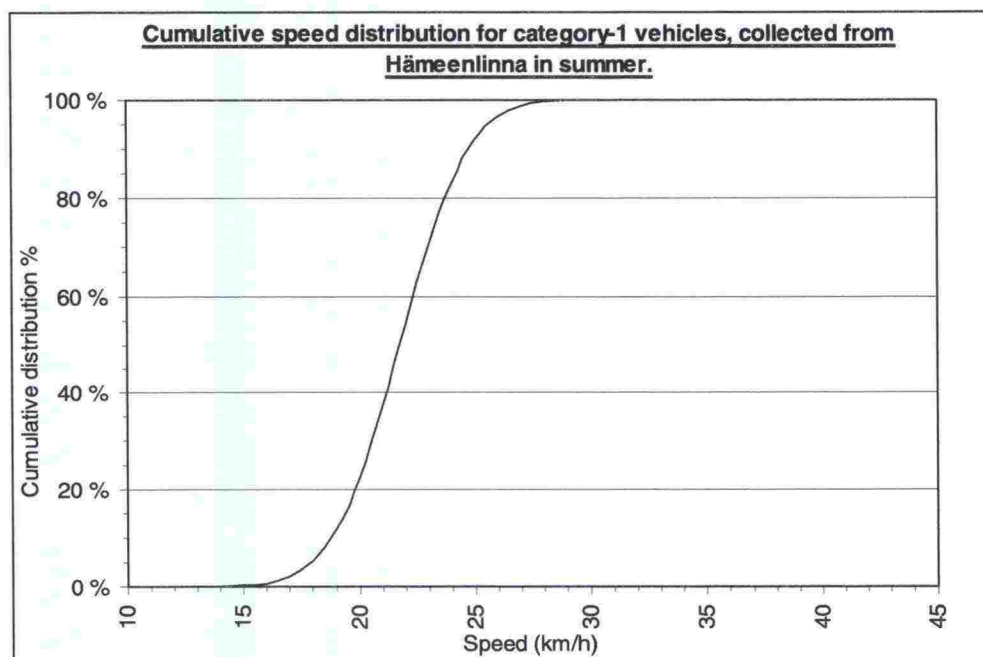
Kuva 4.8: Nopeusjakauman kertymäfunktiot luokan 2 ajoneuvoille Keuruulla.



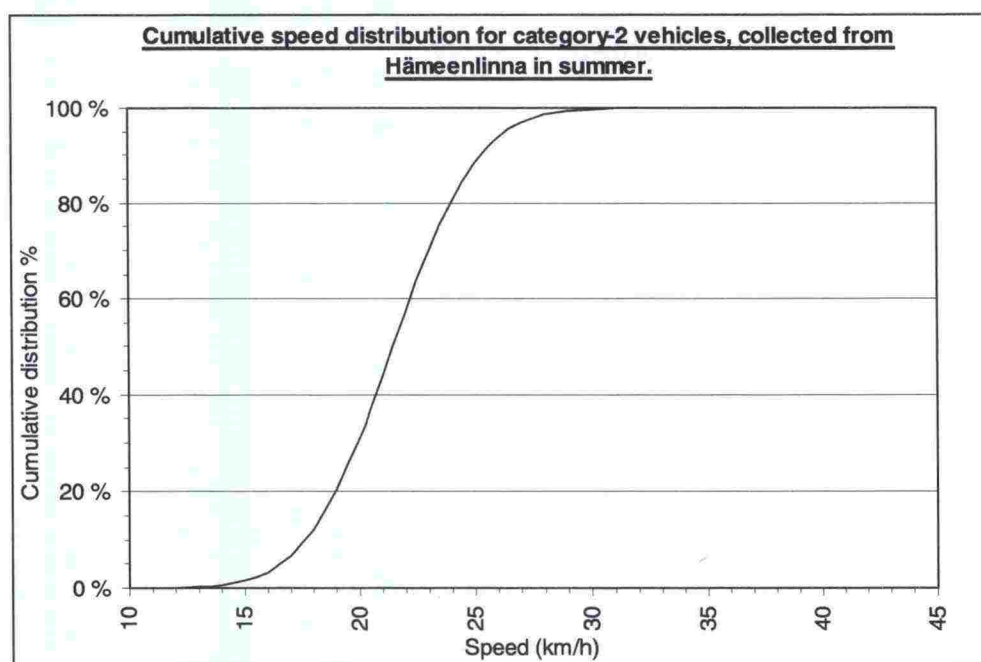
Kuva 4.9: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Valkeakoskentiellä, Kangasalla.



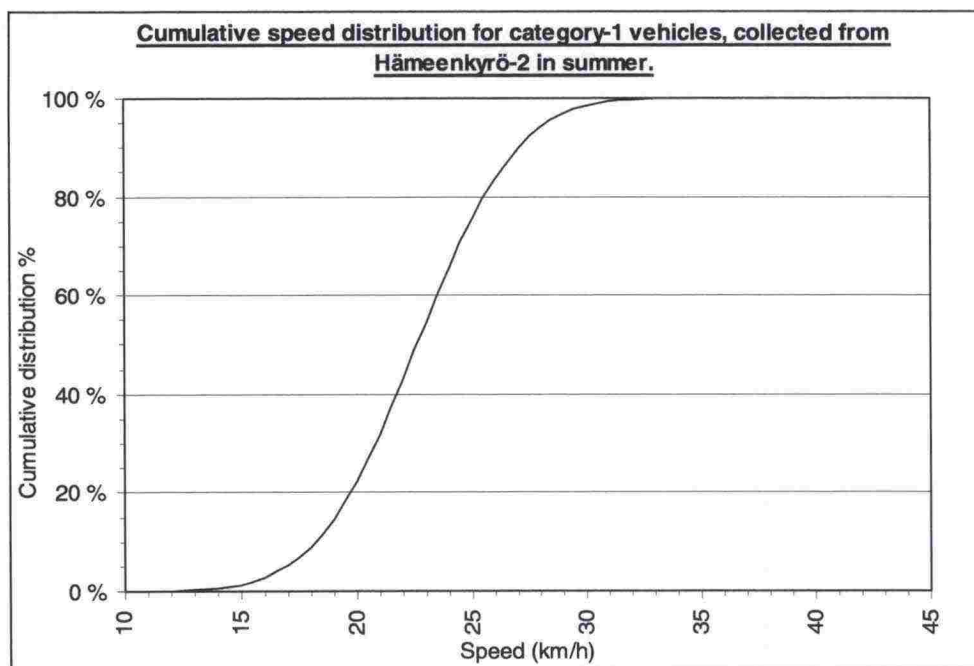
Kuva 4.10: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Alasentiellä, Kangasalla.



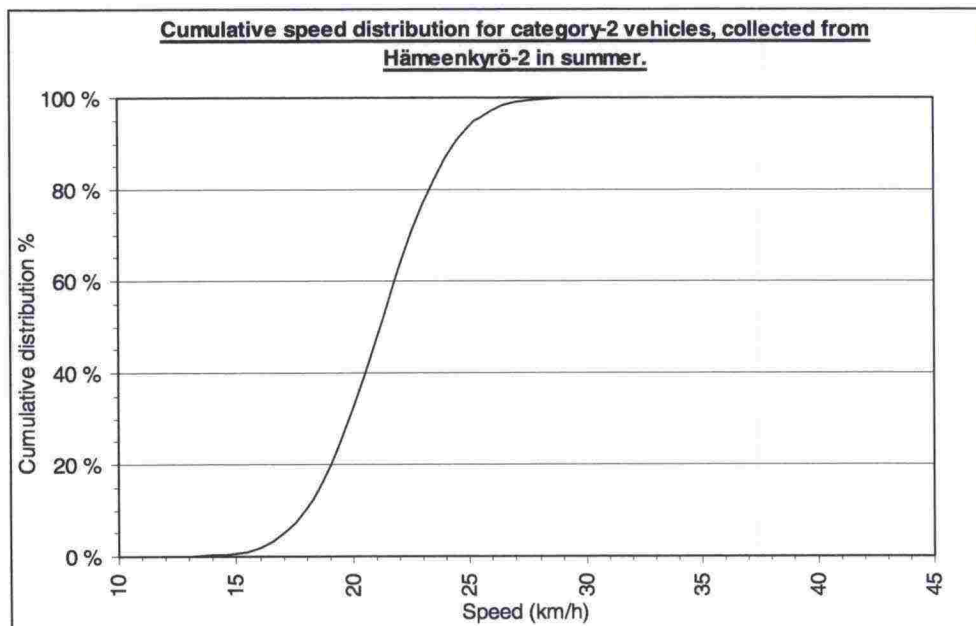
Kuva 4.11: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Hämeenlinnassa.



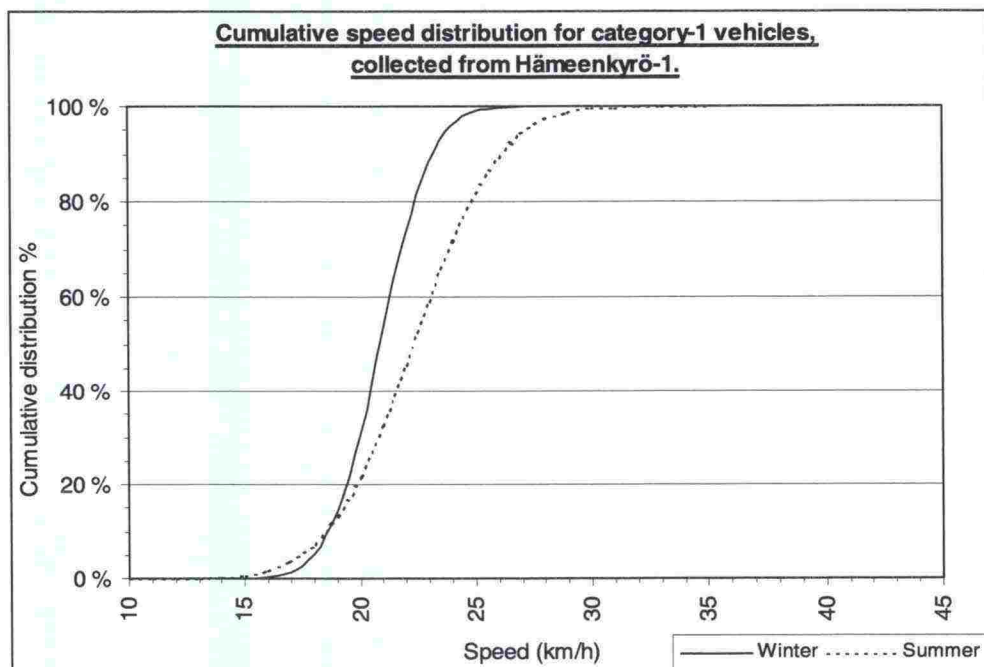
Kuva 4.12: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Hämeenlinnassa.



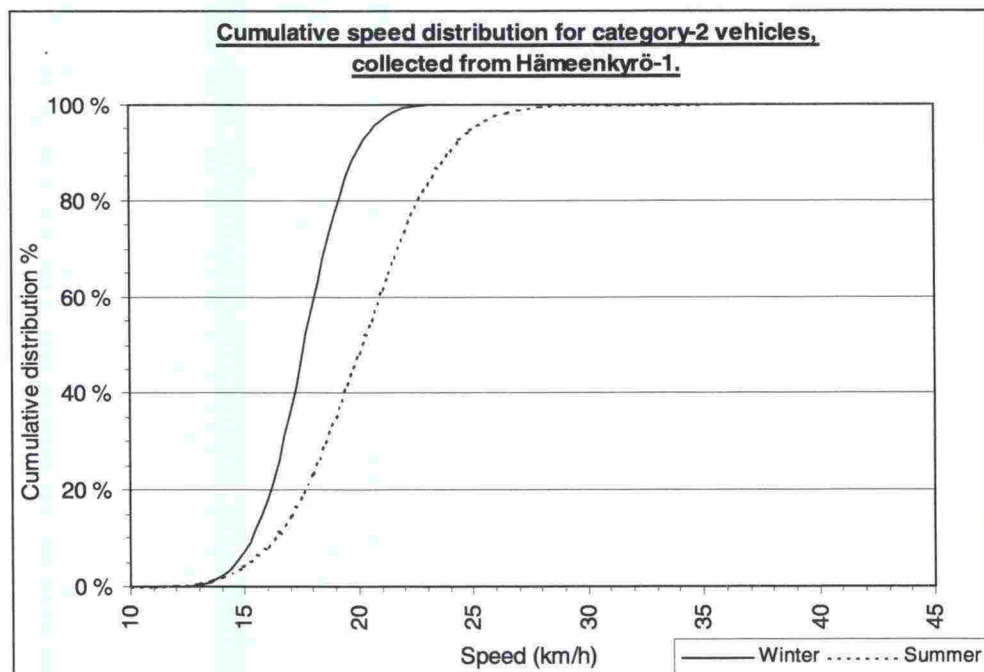
Kuva 4.13: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Hämeenkyrö-2:n kiertoliittymässä.



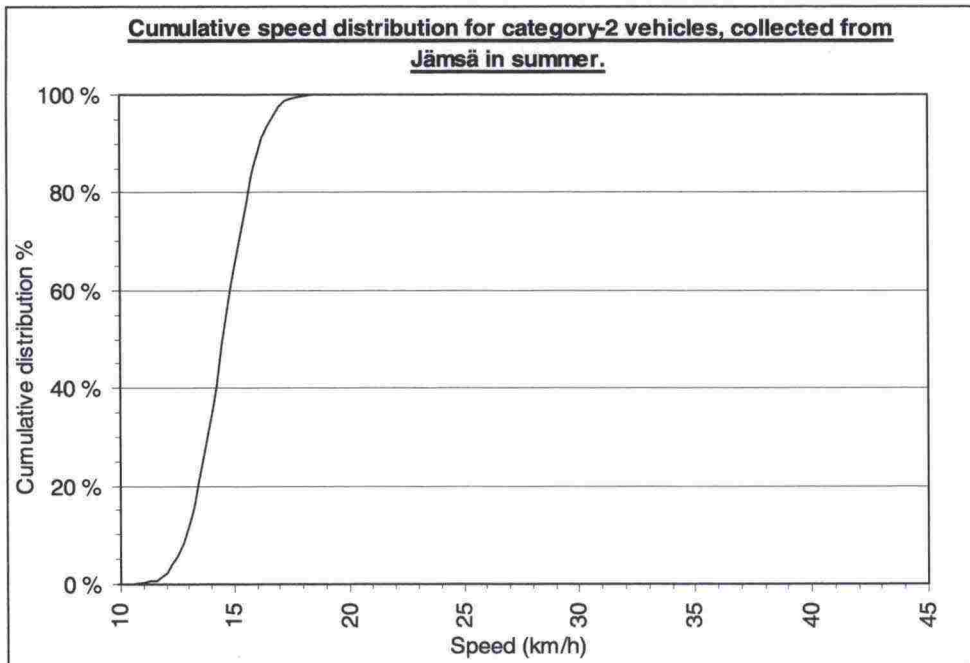
Kuva 4.14 Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Hämeenkyrö-2:n kiertoliittymässä.



Kuva 4.15: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 1 ajoneuvoille Hämeenkyrö-1:n kiertoliittymässä.



Kuva 4.16: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Hämeenkyrö-1:n kiertoliittymässä.



Kuva 4.17: Nopeusjakauman kertymäfunktio luokan 2 ajoneuvoille Jämsässä kesällä.

KIERTOLIITTYMÄN AJOTAPATUTKIMUS

Ajoneuvo tyyppi ?

LA ☐ KAIP ☐ KATP ☐ Muu ☐

Ajoneuvon kokonaispituus ?

m

Kiertoliittymässä ajaminen ?

vaikea ☐

keskitaso ☐

helppo ☐

Ajotapa reitti liittymässä ?

☐ A ☐ B ☐ C ☐ muu

Nimeä hankalimmat kiertoliittymät, mitä olet ajanut

(paikkakunta)

Minkä koet k-liittymässä ajamisen suurimmaksi ongelmaksi ?

- vauhdin alentaminen
- vaihtaminen
- ohjauspyörän kääntäminen
- liittymän jälkeinen kiihdytys
- muu

☐
☐
☐
☐
☐

Oletko itse ajanut reunakiviin, jos olet mikä liittymä ?

Missä kohdassa osuminen on tapahtunut ?

Auton etuosa ☐ vas ☐ oik

Auton takaosa ☐ vas ☐ oik

Mikä liittymä olisi mielestäsi paras

☐ valo-ohjattu

☐ kiertoliittymä

Onko ko. Liittymä parempi vai huonompi kuin yleensä muut liittymät ?

Miksi

Kuinka hyvin liittymä on havaittavissa ?

Valoisana-aikana ☐ hyvin ☐ huonosti

Pimeä-aika ☐ hyvin ☐ huonosti

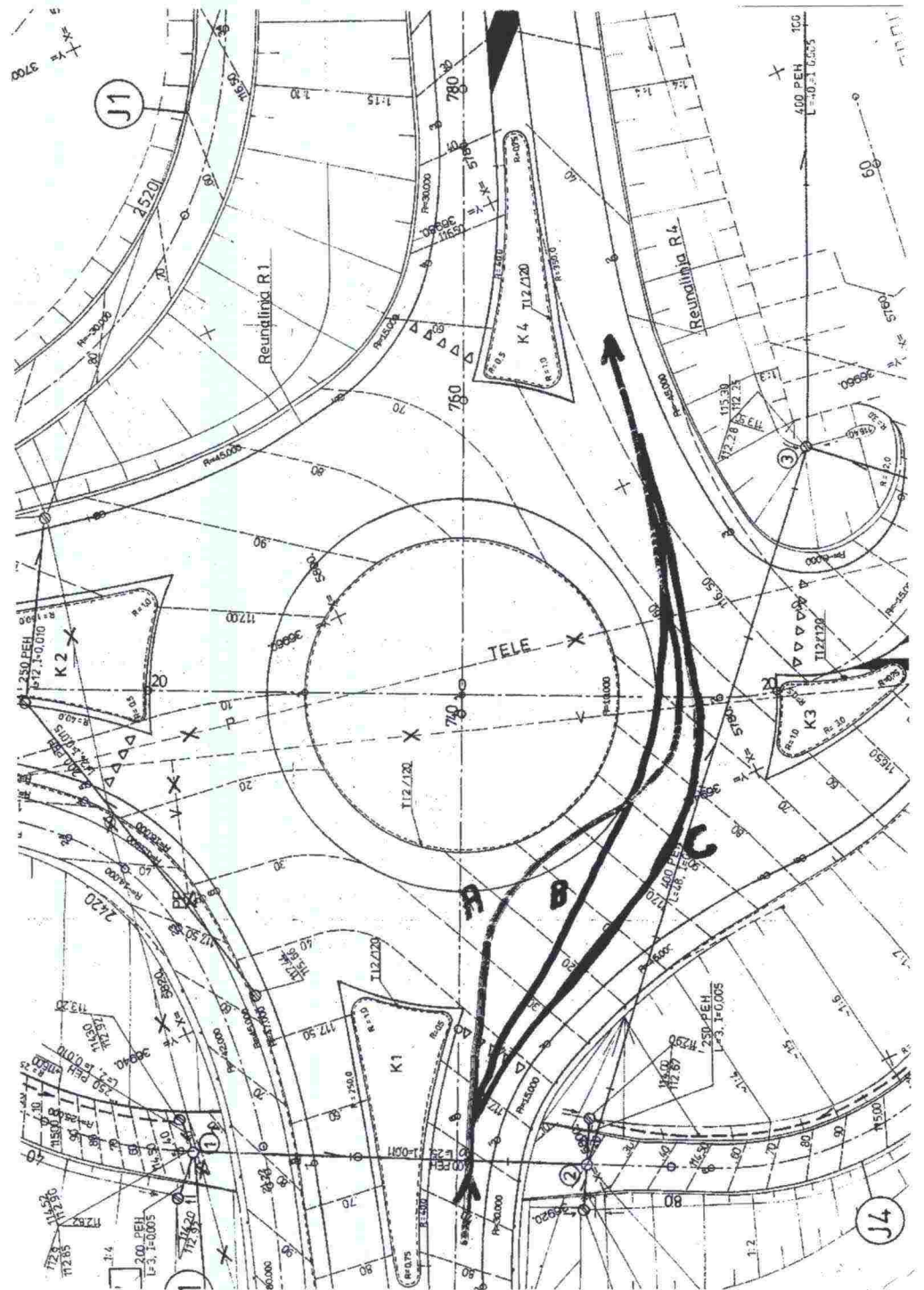
Montako vuotta olet ajanut yhdistelmä-ajoneuvoa ?

 Vuotta

Kuljettajan asenne kiertoliittymiin yleensä

☐ positiivinen ☐ neutraali ☐ negatiivinen

KULJETTAJIEN VALITSEMAT AJOREITTIVAIHTOEHDOT Kiertoliittymissä



KULJETTAJIEN HANKALIKSI MAINITSEMAT KIERTOLIITTYMÄT

Paikkakunta	Maininnat (kpl)
Hervanta	1
Hyrylä	1
Hämeenkyrö	14
Hämeenlinna	1
Iisalmi	1
Jaala	1
Juva	2
Jyväskylä	1
Jämsä	7
Jämsänkoski	3
Järvelä	1
Kangasala	8
Kannus	3
Karstula	12
Keuruu	8
Kiikka	3
Kokemäki	1
Kyröskoski	13
Lapinlahti	1
Lappajärvi	1
Mänttä	8
Naantali	1
Nivala	1
Nummela	3
Orivesi	3
Oulu	1
Palokka	3
Pietarsaari	1
Selkäharju	1
Sievi	1
Säynätsalo	1
Tuusula	1
Vammala	1
Viljakkala	2
Vilppula	2
Virrat	1
Ylistaro	3
Äetsä	3

KIERTOLIITTYMIIN NEGATIIVISESTI SUHTAUTUVIEN KULJETTAJIEN VASTAUKSET AJOTAPATUTKIMUKSEEN

Kiertoliittymä	Ajoneuvotyyppi	Kokonaispituus (m)	Kiertoliittymässä ajaminen	Ajotapareitti	Hankalimmat kiertoliittymät (paikkakunta)	Kiertoliittymässä ajamisen suurin ongelma	Renunakivi- kosketus, liittymä	Osumiskohta	Parempi liittymätyyppi	Kyseen liittymä verrattuna kiertoliittymiin yleensä	Havaittavuus valoisalla	Havaittavuus pimeällä	Ajokokemus (v)	Asenne kiertoliittymiin yleensä
Kaustinen	KATP	24	keskitaso	A	Nummela, Karstula	ahtaus	kyllä, -	vasen taka	valo-ohjattu	parempi	hyvin	hyvin	31	negatiivinen
Kaustinen	KATP	21	keskitaso	B	Jämsä	muut kuljettajat			valo-ohjattu	parempi	hyvin	hyvin	4	negatiivinen
Kaustinen	KATP	22	keskitaso	A	Lappajärvi, Karstula	kiihdytys	Karstula, Lappajärvi	vasen taka	valo-ohjattu	keskiverto	hyvin	hyvin	30	negatiivinen
Kaustinen	KATP	21	helppo	C	Kaustinen	kiihdytys	Kaustinen	oikea taka	kierto-liittymä	parempi	hyvin	hyvin	22	negatiivinen
Kaustinen	KAMOD	25	vaikea	A	Jyväskylä	ahtaus	kyllä, -	oikea taka	kierto-liittymä	parempi	hyvin	hyvin	1,5	negatiivinen
Hämeenkyrö	KATP	22	vaikea	A	Hämeenkyrö, Nummela, Kangasala	kiihdytys	Hämeenkyrö	vasen taka	kierto-liittymä	keskiverto	hyvin	hyvin	25	negatiivinen
Hämeenkyrö	KATP	19	helppo	C	Juva	vauhdin alentaminen				parempi	hyvin	hyvin	21	negatiivinen
Hämeenkyrö	KATP	24	vaikea	B	Selkäharju, Jämsänkoski	vauhdin alentaminen, vaihtaminen, ohjauspyörän kääntäminen, kiihdytys	Juva		valo-ohjattu	keskiverto	hyvin	huonosti	18	negatiivinen
Hämeenkyrö	Muu, lavetti	16,5	vaikea	A	Hämeenkyrö	vauhdin alentaminen, vaihtaminen, ohjauspyörän kääntäminen, kiihdytys			valo-ohjattu	parempi	hyvin	hyvin	9	negatiivinen
Hämeenkyrö	KATP	22	vaikea	B	Äetsä	kiihdytys, kiertäminen			valo-ohjattu	parempi	hyvin	hyvin	15	negatiivinen
Jämsä	KAMOD	25,2	keskitaso	A	Jämsä	vauhdin alentaminen, kiihdytys, ahtaus, liukkaus, muut kuljettajat, reunakivet	Jämsä	oikea taka	valo-ohjattu	keskiverto	hyvin	hyvin	6	negatiivinen

Ympäristö/vaikutukset

- TIEL 3200555 Ohikulkutie ja taajama (TS 9/1999)
- TIEL 3200558 Niittykasvillisuuden perustaminen tieluiskiin - Koetuloksia ja kirjallisuusselvitys (TS 12/1999)
- TIEL 3200560 Saneerattujen taajamien viherympäristö, kivetyt pinnat, kalusteet - Kuntotarkastelu (TS 15/1999)
- TIEL 3200590 Taajamateiden suunnittelun kehittäminen. Seurantatutkimus. Jaala, Keuruu, Sotkamo. (TS 1/2000)
- TIEL 4000205 Tierummut vaellusesteinä - Ongelman kuvaus ja ratkaisumalleja (SJ 22/1999)
- TIEL 4000206 Suomen tieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset - Vuoden 1996 selvityksen päivitys (SJ 23/1999)
- TIEL 4000215 Tieliikenne-ennuste vuosille 1997-2030. Vuoden 1995 ennusteen päivitys (SJ 35/1999)
- TIEL 4000216 Tieliikenteen ajokustannukset: Onnettomuuskustannukset Suomessa ja Ruotsissa (SJ 36/1999)
- TIEL 4000217 Tieliikenteen ajokustannukset: Ajoneuvokustannukset (SJ 37/1999)
- TIEL 4000216 Tieliikenteen ajokustannukset: Aikakustannukset (SJ 36/1999)
- TIEL 4000241 Mitä on tehty? - Tielaitoksen ympäristön toimenpideohjelman 1997 - 2000 toteuttaminen (SJ 13/2000)

Tietekniikka

- TIEL 3200562 Törmäyskokeet Tielaitoksen tiekaiteeseen 1993-1999 (TS 17/1999)
- TIEL 3200571 Asfalttinormien kiviainesten hienoainesseoksen laatuvaatimukset (TS 26/1999)
- TIEL 3200575 Kuulamyly- ja Micro-Deval -kokeiden tulosten vastaavuus (TS 30/1999)
- TIEL 3200578 Halvat kevyen liikenteen väylät (TS 35/1999)
- TIEL 3200579 Kiviaineksen pintakarkeuden vaikutus kuulamylyarvoon (TS 36/1999)
- TIEL 3200580 Kiviaineksen välilajitteen raumuodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin (TS 37/1999)
- TIEL 3200591 Kasvipeitteisen meluesteen kokeilu (TS 2/2000)
- TIEL 3200594 Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa. Mitoitus- ja työohje (TS 5/2000)
- TIEL 3200599 Tiesuolan käytön arviointi talvikuukausien lämpötilan avulla (TS 9/2000)
- TIEL 4000199 Selvitys tien häikäisy-suojista (SJ 5/1999)
- TIEL 4000200 Kelirikkoisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä. Bitumistabilointi ja raudoitettu murske. Loppuraportti. (SJ 6/1999)
- TIEL 4000201 Teiden talvihoidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Yhteenveto tehdyistä selvityksistä. (SJ 9/1999)
- TIEL 4000202 Tutkimus- ja kehittämistoiminnan vuosiraportti 1998 (SJ 10/1999)
- TIEL 4000209 Kevyen liikenteen kaatumistapaturmien selvittäminen sairauskertomusten perusteella - Jyväskylä (SJ 26/1999)
- TIEL 4000210 Laatuvaatimusten asettaminen, kun urakka sisältää suunnittelun ja rakentamisen (SJ 27/1999)
- TIEL 4000222 Tunnin pilotti. Hoidon toteutuminen, II väliraportti syyskuu 1999 (SJ 41/1999)
- TIEL 4000228 Masuunikuonatuotteiden E-moduulit (SJ 49/1999)
- TIEL 4000229 Analyttisessä mitoituksessa käytettävät asfalttipäällysteen jäykkyudet ja väsymismallit (SJ 50/1999)
- TIEL 4000232 Tunnin pilotti - Vaikutus liikenneturvallisuuteen (SJ 54/1999)
- TIEL 4000236 Kevyen liikenteen väylien kunnossapitotason ja kaatumistapaturmien selvitys. Kesäkauden osaraportti (SJ 5/2000)
- TIEL 4000239 Pyöräteiden routavauriotutkimus (SJ 10/2000)

OHJEET JALAA TUVAATIMUKSET

TIEL 2110014	Läjitäsalueen suunnittelu - Läjitäsalueohje
TIEL 2140015	Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset
TIEL 2140016	Puun käyttö melusteissa
TIEL 2150008	Luonnon monimuotoisuus ja tienpito - Tieluonnon hoito-ohjelma
TIEL 2150009	Tiehankkeiden ja tienpidon toimien ympäristövaikutusten selvittäminen
TIEL 2150010	Tiehankkeen vaikutukset ihmisiin ja yhteisöihin
TIEL 2210013	TYLT: Tiekaiteet
TIEL 2212456-2000	TYLT: Perustamis- ja vahvistamistyöt
TIEL 2212802-2000	TYLT: Päälystystyöt
TIEL 2212809-98	TYLT: Murskaustyöt
TIEL 2230054	Kevyen liikenteen väylien hoito; Menetelmätieta
TIEL 2240002-98	Yleiset arvonmuutosperusteet: Murskaustyöt
TIEL 2243560-2000	Yleiset arvonmuutosperusteet: Päälystystyöt

SELVITYKSIÄ (=TS) JA SISÄISIÄ JULKAISUJA (=SJ):

Liikennetekniikka

TIEL 3200561	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Ohitusnäkemät (TS 16/1999)
TIEL 3200566	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Perusverkon eritasoliittymien turvallisuus (TS 21/1999)
TIEL 3200570E	S 12 Improvement solutions for main roads: New road types - Summary on test roads in Finland (TS 25/1999)
TIEL 3200602	Raskaat ajoneuvot kiertoliittymissä (TS 12/2000)
TIEL 3200602E	Roundabouts and heavy vehicles (TS 13/2000)
TIEL 4000191	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uudet tietyypit - Koeteiden turvallisuus (SJ 20/1999)
TIEL 4000193	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uudet tietyypit - Selvitys ulkomaisista kokemuksista (SJ 21/1999)
TIEL 4000212	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Parannettavien pääteiden suuntaus (SJ 30/1999)
TIEL 4000213	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uusien tietyypivaihtoehtojen vertailu - Vt 6 välillä Koskenkylä - Kouvola Osa A: Raportti, Osa B: Liitekartat (SJ 31/1999)
TIEL 4000214	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Kevyen liikenteen ja yksityistieliittymien yhteiset ratkaisut (SJ 33/1999)
TIEL 4000221	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Tutkimussuunnitelma (SJ 42/1999)
TIEL 4000227	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Kapeiden pientareiden vaikutus kaksiajorataisten teiden turvallisuuteen (SJ 48/1999)
TIEL 4000243	Taajamakeskustateiden poikkileikkaukset. Testiajo- ja kirjallisuusselvitys (SJ 18/2000)